

UNIVERSIDADE DE LISBOA
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO



**O CONHECIMENTO TECNOLÓGICO E PEDAGÓGICO DO
CONTEÚDO (*TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL CONTENT
KNOWLEDGE* – TPACK) NA FORMAÇÃO INICIAL DE
PROFESSORES DE MATEMÁTICA DO 3.º CICLO DO ENSINO
BÁSICO E DO ENSINO SECUNDÁRIO**

Luis Fabián Gutiérrez Fallas

Orientadora: Prof.^a Doutora Ana Cláudia Correia Batalha Henriques

**Tese especialmente elaborada para a obtenção do grau de Doutor em
Educação na especialidade da Didática da Matemática**

2019

UNIVERSIDADE DE LISBOA
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO



**O CONHECIMENTO TECNOLÓGICO E PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO
(*TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE – TPACK*) NA FORMAÇÃO
INICIAL DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA DO 3.º CICLO DO ENSINO BÁSICO E DO
ENSINO SECUNDÁRIO**

Luis Fabián Gutiérrez Fallas

Orientadora: Prof.^a Doutora Ana Cláudia Correia Batalha Henriques

Tese especialmente elaborada para a obtenção do grau de Doutor em Educação na especialidade da Didática da Matemática

Júri:

Presidente: Doutor João Pedro Mendes da Ponte, Professor Catedrático e membro do Conselho Científico do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Vogais:

- Doutor Floriano Augusto Veiga Viseu, Professor Auxiliar do Instituto de Educação da Universidade do Minho;
- Doutora Nélia Maria Pontes Amado, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve;
- Doutora Hélia Margarida Aparício Pintão de Oliveira, Professora Auxiliar do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa;
- Doutora Ana Cláudia Correia Batalha Henriques, Professora Auxiliar do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, orientadora.

Esta investigação foi financiada pela Universidade da Costa Rica, através da bolsa de estudo OAICE-CAB-11-201-2014. Esta tese foi desenvolvida no âmbito do Projeto *Technology Enhanced Learning at Future Teacher Education Lab*, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia I.P. com a referência PTDC/MHC/CED/0588/2014

Esta investigação foi financiada pela Universidade da Costa Rica, através da bolsa de estudo OAICE-CAB-11-201-2014 do *Régimen de Beneficios para el Mejoramiento Académico en el Exterior para el Personal Docente e Administrativo en Servicio*.



Esta tese foi desenvolvida no âmbito do Projeto *Technology Enhanced Learning at Future Teacher Education Lab*, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia I.P. com a referência PTDC/MHC/CED/0588/2014



Resumo

Este estudo procura compreender como se desenvolve o TPACK de futuros professores de Matemática (do 3.º ciclo do ensino básico e do ensino secundário), num contexto de uma experiência de formação orientada por uma conjectura com duas dimensões: (1) a dimensão de conteúdo, que concebe o desenvolvimento do TPACK de futuros professores de Matemática a partir de quatro componentes cognitivas: (i) concepções abrangentes sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática; (ii) conhecimento sobre o currículo quando se integra a tecnologia; (iii) conhecimento sobre a aprendizagem dos alunos quando usam a tecnologia; e (iv) conhecimento sobre estratégias de ensino quando se integra a tecnologia; e (2) a dimensão pedagógica, que promove a articulação entre o conhecimento didático e tecnológico na resolução de tarefas que oferecem aos futuros professores oportunidade de reflexão, discussão e planificação de situações de ensino e aprendizagem da Matemática quando se integra a tecnologia; e oportunidades de exploração de novas tecnologias, nomeadamente *software* educacional específico. O enquadramento teórico que fundamenta o estudo aborda o conhecimento profissional do professor de Matemática, em particular o TPACK, a formação inicial de professores e formas de promover o TPACK neste contexto.

Esta investigação segue uma metodologia de Investigação Baseada em *Design*, tendo sido realizados dois ciclos de *design* envolvendo a preparação de uma experiência de formação, a sua experimentação na sala de aula e a análise retrospectiva. No estudo participaram um total de doze futuros professores de Matemática (seis em cada ciclo de experimentação), alunos do curso de Mestrado em Ensino de Matemática do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. A recolha de dados foi realizada com recurso à observação participante do investigador-formador, notas de campo e gravações áudio de episódios de sala de aula, recolha documental, questionários e entrevistas. Os dados foram analisados interpretativamente e segundo o método de análise de conteúdo, com foco nas componentes do TPACK dos futuros professores.

Os principais resultados permitem concluir que o TPACK dos futuros professores é um conhecimento complexo, dinâmico e flexível, consolidado pela articulação de diferentes domínios do conhecimento profissional do professor. Conclui-se que esta articulação está mais evidenciada nas concepções e no conhecimento sobre a aprendizagem dos alunos e menos evidenciada no conhecimento sobre o currículo e sobre as estratégias de ensino. Também se conclui que a experiência de formação com as características definidas neste estudo, contribuiu significativamente para o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores.

Palavras-chave: Formação inicial de professores de Matemática; Conhecimento profissional do professor de Matemática; TPACK; Tecnologia; Investigação Baseada em *Design*.

Abstract

This study aims to understand how middle school and secondary mathematics pre-service teachers' TPACK is developed, in a context of a pre-service teacher education experiment that is guided by a conjecture with two dimensions: (1) the content dimension, which conceives the development of TPACK of mathematics pre-service teachers based on four cognitive components: (i) overarching conceptions about the integration of technology in Mathematics Education; (ii) knowledge about the curriculum when the technology is integrated; (iii) knowledge about students' learning with technology; and (iv) knowledge about teaching strategies with technology; and (2) The pedagogical dimension, which promotes the articulation between didactic and technological knowledge in the resolution of tasks that offer to the pre-service teachers an opportunity for reflection, discussion and planning of mathematics teaching and learning situations with technology as well as opportunities to explore new technologies, namely specific educational software.

This study follows a Design Based Research methodology and two cycles of design were implemented involving the preparation of a teacher education experiment, its experimentation in the classroom and a retrospective analysis. The participants in the study were twelve mathematics pre-service teachers (six in each cycle of experimentation) enrolled in a master's program in the teaching of Mathematics at the Institute of Education of the University of Lisbon. Data collection included the participant observation by the researcher-teacher educator, field notes and audio recordings of classroom episodes, document collection of pre-service teachers work on tasks, questionnaires and interviews. The data were analysed interpretatively and according to the content analysis method, focusing on the pre-service teachers' TPACK components. The theoretical framework that underlies the study addresses the professional knowledge of the Mathematics teacher, in particular TPACK, the initial teacher training and ways to promote TPACK in this context.

The main results allow to conclude that pre-service teachers' TPACK is a complex, dynamic and flexible knowledge, consolidated through the articulation of different domains of the teacher professional knowledge. This articulation is more evident in the conceptions and in the knowledge about the students' learning, and less evidenced in the knowledge about the curriculum and the teaching strategies. It is also possible to conclude that the pre-service teacher education experiment, with the characteristics defined in this study, contributed significantly to the development of the pre-service teachers' TPACK.

Keywords: Mathematics Pre-service Teacher Education; Mathematics Teacher Professional Knowledge; TPACK; Technology; Design Based Research

Resumen

Este estudio procura comprender como se desarrolla el TPACK de futuros profesores de Matemática (del 3.º ciclo de la enseñanza básica y de la enseñanza secundaria), en un contexto de una experiencia de formación orientada por una conjetura con dos dimensiones: (1) la dimensión de contenido, que considera el desarrollo del TPACK de futuros profesores de Matemática a partir de cuatro componentes cognitivas: (i) concepciones sobre la integración de la tecnología en la Educación Matemática; (ii) conocimiento sobre el currículo cuando se integra la tecnología; (iii) conocimiento sobre el aprendizaje de los alumnos cuando usan la tecnología; e (iv) conocimiento sobre estrategias de enseñanza cuando se integra la tecnología; e (2) la dimensión pedagógica, que promueve la articulación entre el conocimiento didáctico y tecnológico en la resolución de tareas que ofrecen a los futuros profesores oportunidades de reflexión, discusión y planificación de situaciones de enseñanza y aprendizaje de la Matemática cuando se integra la tecnología; e oportunidades de exploración de nuevas tecnologías, especialmente software educativo específico. El cuadro teórico que fundamenta el estudio aborda el conocimiento profesional del profesor de Matemática, en particular el TPACK, la formación inicial de profesores y formas para promover el TPACK en este contexto.

Esta investigación sigue una metodología de *Design Based Research*, habiendo sido realizados dos ciclos de *design* que incluyen la preparación de una experiencia de formación, su experimentación en el aula y el análisis retrospectivo. En el estudio participaron un total de doce futuros profesores de Matemática (seis en cada ciclo de experimentación), estudiantes de la carrera de Maestría en la Enseñanza de la Matemática del Instituto de Educación de la Universidad de Lisboa. La recolección de datos fue realizada a través de la observación participante del investigador-formador, notas de campo y grabaciones en audio de episodios de la clase, recolección documental, cuestionarios y entrevistas. Los datos fueron analizados interpretativamente y según el método de análisis de contenido, con foco en las componentes del TPACK de los futuros profesores.

Los principales resultados permiten concluir que el TPACK de los futuros profesores es un conocimiento complejo, dinámico y flexible, consolidado por la articulación de diferentes dominios del conocimiento profesional del profesor. Se concluye que esta articulación está más evidenciada en las concepciones y en el conocimiento sobre el aprendizaje de los alumnos, y menos evidenciada en el conocimiento sobre el currículo y sobre las estrategias de enseñanza. También se concluye que la experiencia de formación con las características definidas en este estudio contribuyó significativamente para el desarrollo del TPACK de los futuros profesores.

Palavras-chave: Formación inicial de profesores de Matemática; Conocimiento profesional del profesor de Matemática; TPACK; Tecnología; Design Based Research.

*...Porque nele foram criadas todas as coisas que há
nos céus e na terra, visíveis e invisíveis, sejam tronos,
sejam dominações, sejam principados, sejam
potestades; tudo foi criado por Ele e para Ele. Ele é
antes de todas as coisas, e todas as coisas subsistem por
Ele*

(Paulo de Tarso, 50 d.C., em Colossenses 1:16-17)

Agradecimentos

Quero agradecer à Universidade da Costa Rica, instituição que me tem outorgado a bolsa de estudo que tem financiado totalmente os meus estudos de pós-graduação durante estes anos em Portugal. Igualmente, agradeço aos funcionários da *Oficina de Asuntos Internacionales y Cooperación Externa* que tem estado ao serviço, e à *Escuela de Matemática* por ter acreditado em mim e apoiado na realização destes estudos. ¡Muchas Gracias!

O meu profundo agradecimento à minha orientadora, Professora Doutora Ana Henriques, pela forma como me acompanhou na realização deste trabalho, pela confiança, incentivo e exigência, pelas suas preciosas sugestões e críticas pertinentes, e acima de tudo pela permanente disponibilidade e pelos seus ensinamentos que levarei para a minha vida profissional.

Também quero agradecer aos professores do Departamento de Didática da Matemática do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, pelos contributos à minha formação e os ensinamentos que me tem permitido crescer como investigador.

Agradeço à instituição onde se realizou esta investigação, à professora coordenadora pelas constantes reuniões e aos futuros professores de Matemática, participantes deste estudo, sem os quais não teria sido possível concretizar este trabalho.

Quero agradecer profundamente a minha companheira fiel e ajuda idónea nesta aventura, minha querida esposa, Joss. Agradeço pelo apoio, o amor incondicional, e a paciência que tem mostrado durante todo este tempo. Muito obrigado por ter estado comigo em cada fase que passei estes anos, obrigado pelo teu esforço, porque maior é a recompensa do trabalho dos dois. ¡Muchas gracias mi amor! ¡Te amo! Também quero agradecer à minha pequena princesa Sara e ao meu pequeno príncipe Samuel, que são as minhas fontes de luz, amor, alegria, inspiração e paz. ¡Los amo hijos!

Agradeço a todas as pessoas que têm apoiado os meus estudos. Agradeço às minhas professoras e amigas: Andrea Araya, Susana Murillo e Gabriela Valverde, pelo seu apoio e confiança que desde o início fizeram possível viver esta experiência. Aos meus familiares, que apesar da distância, continuam mostrando o seu carinho e apoio incondicional, especialmente agradezco a mis padres Luis y Ana, a mis suegros Alvin y Marlen, a mis hermanos Fabiola y Raymon, y a mi cuñado Valentín. Também agradeço aos meus amigos em Costa Rica. ¡Muchas gracias! ¡Pura vida!

Finalmente, agradeço às maravilhosas pessoas que tenho conhecido em Portugal, obrigado Gerson e Ingrid, foi uma bênção conhecer vocês neste país. Obrigado aos meus colegas e amigos Vilmar e Guillermo. Muito obrigado a todos na Embaixada Cristã por acolher-nos com amor e serem a nossa família neste país, especialmente agradeço aos meus pastores e amigos Ismael e Patrícia, obrigado por sempre estarem aí quando o precisei.

ÍNDICE

Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Resumen.....	ix
Agradecimentos.....	xv
ÍNDICE	xvii
ÍNDICE DE TABELAS	xxi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xxiii
Capítulo 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivações pessoais	1
1.2. Pertinência do estudo	2
1.3. Objetivos e questões de investigação	8
1.4. Organização do estudo	10
Capítulo 2. CONHECIMENTO PROFISSIONAL DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA	13
2.1. O conhecimento profissional do professor.....	13
2.1.1. Breve enquadramento	13
2.1.2. Natureza, estrutura e conteúdo do conhecimento profissional do professor ...	16
2.1.3. Síntese	19
2.2. Modelos do conhecimento profissional do professor.....	20
2.2.1. O conhecimento pedagógico do conteúdo: modelo PCK	20
2.2.2. O conhecimento didático da Matemática.....	22
2.2.3. O conhecimento matemático para ensinar	25
2.2.4. O conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo: modelo TPACK....	27
2.2.5. Síntese	33
2.3. Desenvolvimento e análise do conhecimento profissional do professor.....	34
2.3.1. Desenvolvimento do conhecimento profissional do professor	34
2.3.2. Análise do conhecimento profissional do professor: o caso do TPACK	39
2.3.3. Síntese	44
Capítulo 3. FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES.....	47
3.1. Princípios orientadores da formação inicial de professores	47
3.1.1. Formação inicial de professores: breve enquadramento.	47
3.1.2. Princípios orientadores da formação inicial de professores	51
3.1.3. Elementos que influenciam a formação inicial de professores	54
3.1.4. Síntese	57
3.2. A integração da tecnologia na formação inicial de professores de Matemática.....	58
3.2.1. A formação inicial de professores no meio de um contexto tecnológico.....	58
3.2.2. Normas sobre o uso da tecnologia na formação inicial de professores.....	59
3.2.3. Estudos sobre a integração da tecnologia na formação inicial de professores de Matemática em Portugal.....	65
3.2.4. Síntese	68
3.3. Operacionalização do TPACK na formação inicial de professores de Matemática..	69

3.3.1. Estudos sobre o TPACK na formação inicial de professores de Matemática	69
3.3.2. Síntese	76
Capítulo 4. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	77
4.1. Opções metodológicas	77
4.1.1. Paradigma interpretativo e abordagem qualitativa	78
4.1.2. Investigação Baseada em <i>Design</i> (IBD)	79
4.2. Fases da IBD na investigação	81
4.2.1. Preparação da experiência	82
4.2.2. Experimentação na sala de aula	83
4.2.3. Análise Retrospectiva	85
4.3. Procedimentos e instrumentos de recolha e análise de dados	85
4.3.1. Recolha de dados	85
4.3.2. Análise de dados	89
4.4. Contexto do Estudo	91
4.4.1. A Unidade Curricular de Didática da Matemática II	91
4.4.2. Participantes	94
4.4.3. Papel do Investigador	95
4.5. Questões éticas	96
Capítulo 5. PRIMEIRO CICLO DE DESIGN	99
5.1. Estudo Exploratório	99
5.1.1. Objetivos, contexto e aspetos metodológicos do Estudo Exploratório	99
5.1.2. Principais resultados do Estudo Exploratório	103
5.1.3. Contributos do Estudo Exploratório	116
5.2. Preparação do 1.º ciclo da Experiência de Formação	118
5.2.1. Aspetos gerais	118
5.2.2. Considerações teóricas: um quadro teórico emergente	119
5.2.3. Objetivos de aprendizagem da Experiência de Formação	123
5.2.4. Conjetura e princípios de <i>design</i>	124
5.2.5. Tarefas	126
5.2.6. Planificação da experimentação na sala de aula	131
5.3. Primeiro ciclo de experimentação na sala de aula	134
5.3.1. Aspetos gerais	134
5.3.2. Análise da experimentação	135
5.3.3. Refinamento da conjectura e dos princípios de <i>design</i>	143
Capítulo 6. SEGUNDO CICLO DE DESIGN	147
6.1. Preparação do 2.º ciclo da Experiência de Formação	147
6.1.1. Aspetos gerais	147
6.1.2. Tarefas	148
6.1.3. Planificação da experimentação na sala de aula	153
6.2. Segundo ciclo de experimentação na sala de aula	155
6.2.1. Aspetos gerais	155
6.2.2. Análise da experimentação	155
6.2.3. Refinamento da conjectura e dos princípios de <i>design</i>	164
Capítulo 7. O TPACK DOS FUTUROS PROFESSORES DE MATEMÁTICA	167

7.1. Resultados do 1.º ciclo de experimentação	167
7.1.1. Conceções (C1)	167
7.1.2. Currículo (C2)	172
7.1.3. Aprendizagem (C3)	176
7.1.4. Ensino (C4)	179
7.1.5. Síntese dos resultados	184
7.2. Resultados do 2.º ciclo de experimentação	186
7.2.1. Conceções (C1)	187
7.2.2. Currículo (C2)	190
7.2.3. Aprendizagem (C3)	196
7.2.4. Ensino (C4)	201
7.1.5. Síntese dos resultados principais	208
Capítulo 8. ANÁLISE DA EXPERIÊNCIA DE FORMAÇÃO	213
8.1. O <i>design</i> da Experiência de Formação	214
8.2. Os objetivos de aprendizagem da Experiência de Formação	221
8.3. As tarefas da Experiência de Formação	225
8.4. Síntese dos principais resultados	233
Capítulo 9. CONCLUSÕES	235
9.1. O TPACK dos futuros professores de Matemática	235
9.1.1. As conceções dos futuros professores sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática	236
9.1.2. O conhecimento dos futuros professores sobre a integração da tecnologia no currículo da Matemática	240
9.1.3. O conhecimento dos futuros professores sobre a integração da tecnologia na aprendizagem da Matemática	243
9.1.4. O conhecimento dos futuros professores sobre a integração da tecnologia nas estratégias de ensino da Matemática	245
9.2. Contributos da Experiência de Formação na promoção do desenvolvimento do TPACK dos futuros professores de Matemática	249
9.3. Considerações finais	254
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	259
ANEXOS	272

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1. Calendarização do estudo em função dos ciclos e fases da IBD	82
Tabela 4.2. Programa de estudo do Mestrado em Ensino da Matemática do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.....	92
Tabela 5.1. Participantes do Estudo Exploratório.....	101
Tabela 5.2. Planificação curricular das aulas de DMII no 1.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação.....	133
Tabela 5.3. Refinamento dos princípios de <i>design</i> após o 1.º ciclo de experimentação.....	145
Tabela 6.1. Tarefas do 1.º ciclo e do 2.º ciclo de experimentação.....	148
Tabela 6.2. Planificação curricular das aulas de DMII no 2.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação.....	154
Tabela 6.3. Refinamento dos princípios de <i>design</i> após o 2.º ciclo de experimentação.....	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Domínios e fontes do conhecimento profissional do professor de Matemática (Azcárate, 2004, p. 3).....	19
Figura 2.2. PCK (Shulman, 1986).....	21
Figura 2.3. Vertentes do conhecimento didático (Ponte, 2012, p. 86).....	23
Figura 2.4. Tarefas da prática profissional do professor de Matemática (Llinares, 2013, p. 79).....	25
Figura 2.5. Conhecimento Matemático para Ensinar (Hill & Ball, 2009, p. 70).....	26
Figura 2.6. <i>Technological Pedagogical Content Knowledge Model</i> (Mishra & Koehler, 2006). Reproduzido com permissão do editor, © 2012 disponível em tpack.org	28
Figura 2.7. Componentes cognitivas do TPACK (Niess, 2005, 2012a).....	31
Figura 2.8. Caminhos para desenvolver o TPACK (Koehler et al., 2014, p. 106).....	37
Figura 2.9. Descrição visual dos níveis de integração da tecnologia (adaptada de Niess et al., 2009, p. 10).....	42
Figura 3.1. Sistema didático da formação inicial de professores de Matemática (Flores, 1998).....	49
Figura 3.2. Formação inicial de professores (Liljedahl et al., 2009, p. 31).....	50
Figura 3.3. Framework de competências nas TIC para professores (UNESCO, 2008)...	61
Figura 3.4. Fases de desenvolvimento na utilização pedagógica da tecnologia (adaptado de Costa et al., 2008, p. 44).....	64
Figura 3.5. Alfabetização Digital (adaptado de Krumsvik, 2014, p. 274).....	65
Figura 3.6. Conhecimento Tecnológico e Pedagógico da Estatística (<i>Technological Pedagogical Statistical Knowledge – TPSK</i>) (Lee & Hollebrands, 2011, p. 362).....	73
Figura 3.7. Conhecimento para a Elaboração de Tarefas Matemáticas Digitais (<i>Mathematics Digital Task Design Knowledge – MDTDK</i>) (Leung, 2017, p. 7).....	75
Figura 4.1. Categorias e Subcategorias de Análise do TPACK.....	91

Figura 5.1. Resultados da questão 1 da I parte do questionário (Estudo Exploratório).....	103
Figura 5.2. Resultados da questão 7 da I parte do questionário (Estudo Exploratório).....	103
Figura 5.3. Resultados da questão 10 da II parte do questionário (Estudo Exploratório).....	104
Figura 5.4. Resultados da questão 12 da II parte do questionário (Estudo Exploratório).....	104
Figura 5.5. Objetivos de aula e capacidades transversais propostas pelos FP nos seus planos de aula (Estudo Exploratório).....	106
Figura 5.6. Excerto de plano de aula - Grupo A (Estudo Exploratório).....	108
Figura 5.7. Excerto do plano de aula - Grupo A (Estudo Exploratório).....	108
Figura 5.8. Excerto do plano de aula - Grupo C (Estudo Exploratório).....	110
Figura 5.9. Excerto do plano de aula - Grupo D (Estudo Exploratório).....	111
Figura 5.10. Excerto do plano de aula - Grupo D (Estudo Exploratório).....	111
Figura 5.11. Excerto do plano de aula - Grupo E (Estudo Exploratório).....	112
Figura 5.12. Excerto de plano de aula - Grupo B (Estudo Exploratório).....	113
Figura 5.13. Excerto do plano de aula - Grupo B (Estudo Exploratório).....	114
Figura 5.14. Trajetória de Formação e Aprendizagem da Experiência de Formação....	120
Figura 5.15. Quadro teórico que suporta a Experiência de Formação.....	122
Figura 5.16. Sequência de tarefas na TFA no 1.º ciclo de experimentação.....	126
Figura 6.1. Sequência de tarefas na TFA no 2.º ciclo de experimentação.....	149
Figura 7.1. Enunciado da tarefa elaborada por Patrícia e Cristina (RT _I ⁵).....	174
Figura 7.2. Possíveis soluções de uma tarefa formuladas no plano de aula elaborado por Sara e Vitória (RT _I ⁶).....	177
Figura 7.3. Ficheiro do <i>Excel</i> inserido no plano de aula de Glória e Isabel. (RT _{II} ¹⁰).....	206

Figura 7.4. Glória e Isabel (RT _{II} ³).....	207
Figura 8.1. Resultados da questão 1 do questionário final (1.º e 2.º ciclo).....	225
Figura 8.2. Resultados da questão 2 do questionário final (1.º e 2.º ciclo).....	226
Figura 8.3. Resultados da questão 4 do questionário final (1.º e 2.º ciclo)	228
Figura 8.4. Resultados da questão 5 do questionário final (2.º ciclo).....	229
Figura 8.5. Captura de imagem do vídeo elaborado por Sofia (RT _{II} ¹¹).....	229
Figura 8.6. Captura de imagem do <i>e-portefólio</i> elaborado por Ana (RT _{II} ¹²).....	230
Figura 8.7. Resultados da questão 7 do questionário final (1.º e 2.º ciclo).....	231
Figura 8.8. Resultados da questão 8 do questionário final (1.º e 2.º ciclo).....	232
Figura 8.9. Resultados da questão 9 do questionário final (1.º e 2.º ciclo).....	233

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresentarei as motivações e a pertinência deste estudo, enquadrando a problemática no contexto investigativo nacional e internacional. Primeiramente refiro-me aos aspetos pessoais que me conduziram a realizar esta investigação, de seguida apresento a problemática em relação ao conhecimento profissional dos professores, à integração e ao desenvolvimento do conhecimento tecnológico na formação inicial. Na terceira seção apresento o objetivo e as questões deste estudo e, finalmente, resumo a estrutura e organização dos capítulos e seções que compõem este estudo.

1.1. Motivações pessoais

Atualmente, a tecnologia é um conceito amplo que pode ter diversos significados. Neste estudo, o termo tecnologia refere-se não só a dispositivos como computadores, calculadoras, tablets, telemóveis ou outro hardware, mas também inclui programas, ferramentas e software que se podem utilizar nesses dispositivos tecnológicos.

Durante a minha formação inicial como professor de Matemática, apesar de ser notório um esforço no programa para integrar a tecnologia em diferentes momentos e unidades curriculares, tive experiências limitadas e apercebi-me de alguns entraves em integrar a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática na minha prática profissional. Esta situação despertou em mim o desejo de aprofundar o meu conhecimento tecnológico e o seu uso na minha prática docente, ou seja, o modo como este conhecimento tecnológico pode ser usado com o conhecimento didático com vista a enriquecer o processo de ensino e aprendizagem da Matemática. Entretanto também

foram levantadas questões relativas ao próprio programa de formação de professores de Matemática e às poucas oportunidades que este oferece para promover o desenvolvimento de um conhecimento que articule e integre, não só o saber matemático e o saber didático, mas também o conhecimento tecnológico e a sua aplicabilidade na Educação Matemática.

Com o passar dos anos, as minhas experiências pessoais demonstram que a formação inicial e a prática profissional de professores de Matemática caminham à margem e, algumas vezes, atrás do rápido e constante avanço tecnológico. Foi este contexto que me suscitou o interesse em compreender como é que os futuros professores de Matemática integram a tecnologia e articulam o conhecimento tecnológico com as outras dimensões do seu conhecimento profissional. Assim sendo, o curso de doutoramento em Didática da Matemática revelou-se pertinente e adequado pois oferece um contexto apropriado para investigar esta problemática.

Realizar este estudo com futuros professores de Matemática traz consigo um conjunto de vivências muito importantes. Proporciona-me, sobretudo na área da formação de professores, oportunidades de aprendizagem no contexto de sala de aula, particularmente no que respeita a metodologias de ensino para a formação de professores e estratégias de planificação e gestão de tarefas de formação. Estas experiências e aprendizagens vão contribuir para o meu desenvolvimento profissional, pois como professor da Universidade da Costa Rica, vou exercer funções como formador de professores no curso de Licenciatura e Mestrado no Ensino da Matemática, no qual a tecnologia é um eixo transversal e de interesse. Também me proporciona uma aprendizagem mais aprofundada sobre as linhas de investigação recentes que promovem a integração da tecnologia nos programas de formação de professores e uma participação ativa dentro desta comunidade científica.

1.2. Pertinência do estudo

A discussão sobre o conhecimento profissional que os professores precisam desenvolver começou há várias décadas. Por exemplo, no século XX, Shulman (1986) discute que o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico estavam a ser tratados de forma separada e, para fazer frente a esta dicotomia, o autor propõe um modelo teórico que considera a articulação necessária entre estes dois tipos de conhecimento, para o autor, esta articulação refere-se à integração simultânea e relacional entre o

conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico; definido assim o desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo (*Pedagogical Content Knowledge* – PCK). Desde então, o modelo de Shulman (1986) tem sido usado, discutido e adaptado por diversos investigadores em Educação (Geddis, 1993; Grossman, 1989; 1990; Ponte & Chapman, 2006).

Até hoje, esta discussão tem seguido diferentes vertentes e perspectivas teóricas que procuram responder a qual é o conhecimento profissional que um professor deve desenvolver. Já no século XXI, alguns autores como Albuquerque, Veloso, Rocha, Santos, Serrazina e Nápoles (2006), questionam o conhecimento de um professor em relação à sua prática profissional, argumentando que um professor de Matemática necessita ter: conhecimento relativo à natureza da Matemática, aos conteúdos matemáticos, aos objetivos curriculares, à forma de apresentar as ideias de modo a que sejam aprendidas pelos alunos, à forma como os alunos compreendem e aprendem os conteúdos matemáticos e à gestão da sala de aula.

Mas também, ao situar o conhecimento profissional do professor neste século XXI, temos que considerar que este é o século da era digital, caracterizado pelas grandes e constantes mudanças no âmbito tecnológico que têm influenciado as distintas áreas da sociedade. Em particular, a Educação Matemática tem sido significativamente transformada pelo uso de tecnologias digitais com avançadas capacidades computacionais, gráficas e simbólicas (Niess, 2012a). Neste contexto, documentos curriculares como os Princípios e Normas para a Matemática Escolar (NCTM, 2000) e os Princípios para a Ação (NCTM, 2014) apontam para um programa de estudos, científica e matematicamente ricos, onde a tecnologia é “essencial no ensino e aprendizagem de Matemática; influencia a Matemática que é ensinada e melhora a aprendizagem dos alunos” (NCTM, 2000, p. 24). A tecnologia tem um papel fundamental no ensino, para a criação de ambientes de aprendizagem que “integram o uso de ferramentas matemáticas e tecnológicas como recursos essenciais para ajudar os alunos a aprender e a fazer sentido das ideias matemáticas, a raciocinar matematicamente e a comunicar o seu pensamento matemático” (NCTM, 2014, p. 78). Assim, a existência, a versatilidade e o poder da tecnologia levam a uma reestruturação do quê e do como os alunos devem aprender Matemática, tendo em conta as suas preferências e novas formas de aprendizagem, resultado do constante aumento da presença da tecnologia.

Os alunos de hoje acostumaram-se a reunir informações rapidamente, usando tecnologias mais avançadas para realizar mais do que puderam fazer no século anterior [...] Eles usam gráficos junto com texto nas suas comunicações, eles funcionam melhor quando conectados em rede, e muitas vezes envolvem-se em multitarefas (Niess & Gillow-Wiles, 2017, p. 77).

Considerando o exposto, será necessário que os futuros professores desenvolvam um conhecimento aprofundado relativo à integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, cumprindo assim as recomendações dos standards da AMTE (2017):

Novos professores de Matemática do ensino secundário bem preparados devem ser competentes com ferramentas tecnológicas elaboradas para apoiar o raciocínio matemático e o processo de significação, tanto ao fazerem Matemática eles próprios como no apoio à aprendizagem da Matemática pelos alunos. Em particular, eles [os futuros professores] desenvolvem experiências com folha de cálculo, sistemas computacionais de álgebra, software de geometria dinâmica, software de simulação e análise estatística, e outras tecnologias de ação matemática (p. 117).

Consequentemente, no que diz respeito aos professores, não só é muito diferente o contexto social e profissional em que são chamados a intervir atualmente como também é substancialmente diferente o conhecimento que precisam de desenvolver para exercer a sua função docente num mundo escolar cada vez mais tecnológico (Niess, 2005; Mishra & Koehler, 2006). Pelo que “a questão é saber se os professores de hoje têm conhecimento não apenas sobre a tecnologia, mas também sobre o conhecimento para elaborar estratégias de ensino que apoiem os alunos no uso da tecnologia como uma ferramenta de aprendizagem exploratória” (Tatar, Aldemir & Niess, 2018, p. 112).

Assim, o desafio atual para os professores é não só reconhecer as diferenças na forma como os alunos aprendem, mas também reconhecer as capacidades que eles precisam para se envolverem na sociedade atual. Este desafio “envolve muito mais do que a compreensão dos professores sobre o conteúdo específico da sua disciplina. Em última instância, desafia o seu raciocínio pedagógico e tecnológico, bem como o seu conhecimento para ensinar com uma vasta gama de inovações tecnológicas” (Niess & Gillow-Wiles, 2017, p. 78). Neste contexto, é fundamental que os professores orquestrarem e façam a gestão das suas aulas procurando potencializar o uso que os alunos dão às ferramentas tecnológicas durante a resolução de tarefas (Leung, 2017).

Deste modo, a partir dos argumentos que se levantam, o conhecimento profissional do professor de Matemática é novamente questionado. A este respeito, Mishra e Koehler (2006) alegam que no âmbito da educação tem existido uma tendência em olhar mais para a tecnologia do que para o modo como ela se utiliza, salientando que integrar unicamente a tecnologia nos processos educativos não é suficiente. Com o propósito de ir mais além da articulação entre pedagogia e conteúdo (Shulman, 1986), estes autores acrescentam que os professores necessitam de saber como integrar adequadamente a tecnologia no seu ensino e utilizá-la efetivamente para promover a aprendizagem dos seus alunos, salientando que “o ensino é uma atividade altamente complexa que se baseia em muitas classes de conhecimento” (Mishra & Koehler, 2006, p. 1020). Deste modo, o modelo teórico para o conhecimento do professor que propõem - *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK)¹ integra três domínios desse conhecimento: o conteúdo, a pedagogia e a tecnologia.

O TPACK tem-se consolidado como um enquadramento teórico que tem transformado a conceptualização do conhecimento profissional do professor e tem influenciado significativamente as investigações sobre a integração da tecnologia na educação.

O ensino de qualidade requer o desenvolvimento de uma compreensão diferenciada das relações complexas entre tecnologia, conteúdo e pedagogia, e usar esse entendimento para desenvolver estratégias e representações apropriadas e específicas do contexto. Uma integração efetiva da tecnologia no ensino precisa de considerar as três dimensões, não isoladamente, mas dentro das complexas relações no sistema definido pelos três elementos-chave (Mishra & Koehler, 2006, p. 1029).

Contudo, ainda há espaço para mais uma questão: como é que os futuros professores desenvolvem e integram o conhecimento tecnológico na sua formação profissional? Mishra e Koehler (2006) referem que os enfoques tradicionais têm sugerido que os professores têm de ser treinados no uso da tecnologia para adquirirem habilidades de aplicação universal e conhecimentos básicos no uso de distintas tecnologias, mas salientam que isto é bastante problemático por várias razões: o ritmo acelerado das mudanças tecnológicas, o inapropriado/incompleto *design* dos *softwares* e a ênfase no quê e não no como. Concordante com estas ideias, Niess (2005) afirma que os futuros

¹ No inglês, originalmente foi dado o acrónimo TPCK, mas depois mudou para TPACK para facilidade de pronúncia.

professores comumente aprendem acerca da pedagogia e da tecnologia de forma mais genérica sem relação com o desenvolvimento do seu conhecimento específico do conteúdo. O que leva a que os professores frequentemente se considerem mal preparados para o uso da tecnologia na sua prática docente (Chai, Koh & Tsai, 2013; Tatar et al., 2018).

Beck e Wynn (1998) descrevem a integração da tecnologia nos programas de formação inicial de professores como um continuum, no qual, numa extremidade a integração da tecnologia consiste numa disciplina separada do programa, enquanto na outra extremidade do continuum, o programa inteiro é mudado para garantir essa integração. A este respeito, Niess (2005) argumenta que no início da década de 90 esta integração começou por se caracterizar por incluir uma disciplina focada na aprendizagem tecnológica e, mais recentemente, caracteriza-se por incorporar questões pedagógicas neste tipo de disciplina ou por levar as preocupações sobre o ensino com a tecnologia para as disciplinas de didática e metodologia. No entanto, para esta autora, “mais de 20 anos de tal conteúdo do curso não tem dado lugar a muita evidência de futuros professores implementarem essas ou outras tecnologias digitais no seu ensino” (Niess, 2012a, p. 325).

Em Portugal, no trabalho desenvolvido por Viseu (2008), cujo objetivo foi analisar o papel que as tecnologias de informação e comunicação (TIC) desempenham no processo de supervisão de futuros professores de Matemática, nomeadamente no desenvolvimento do seu conhecimento didático e da sua capacidade reflexiva, o autor identificou que os participantes do estudo iniciaram a sua prática pedagógica com poucos conhecimentos sobre materiais tecnológicos suscetíveis de serem integrados no processo de ensino e aprendizagem, concluindo então que “importa também que os cursos de formação de professores desenvolvam a capacidade do futuro professor de saber usar e integrar as TIC na sala de aula” (p. 493). A este respeito, Ponte (2014) afirma que

Perceber quais as potencialidades das tecnologias que podem ser mobilizadas para contextos formativos e identificar modos de as usar de forma produtiva na formação inicial e contínua, tanto com professores que já usam com muita destreza estas tecnologias, como com professores que mantêm com elas uma relação incipiente, constituem aspetos importantes de uma agenda atual de investigação neste campo (p. 354).

Deste modo, os programas de formação inicial de professores devem aumentar o nível de integração da tecnologia nas suas unidades curriculares (Mishra & Koehler,

2006; Niess, 2012a), estes programas “devem assegurar que todos os professores de Matemática e professores em formação tenham oportunidades de adquirir os conhecimentos e experiências necessários para integrar a tecnologia no contexto do ensino e da aprendizagem da Matemática” (AMTE, 2006, p. 1). Portanto, a formação inicial deve garantir experiências relativas ao uso de tecnologias pelos futuros professores de Matemática, “não por ser uma questão de moda ou de atualidade, mas porque a sua presença vai marcar necessariamente a Matemática que se vai aprender e o modo como essa aprendizagem irá acontecer” (Albuquerque et al., 2006, p. 22).

Além disto, os programas de formação precisam desafiar os futuros professores a considerar o impacto da tecnologia sobre o desenvolvimento da própria Matemática: “eles devem reconsiderar simultaneamente o conteúdo de Matemática e o que significa ensinar e aprender matemática com essas tecnologias digitais” (Niess, 2012a, p. 322). Esta autora reconhece o TPACK como um quadro emergente para preparar adequadamente o conhecimento do professor com o fim de responder aos desafios e exigências do ensino da Matemática com tecnologia no século XXI. Não obstante, o desafio para os programas de formação de professores é preparar os seus alunos para ensinar a partir de uma estrutura de conhecimento que integre o conteúdo, a pedagogia e a tecnologia, de modo a que o futuro professor desenvolva uma concepção global do conteúdo específico em articulação com a tecnologia, e isso significa ensiná-lo com tecnologia (Niess, 2005). Por isso, Niess (2012a) defende que “o reconhecimento e a aceitação do TPACK como o conhecimento que os professores necessitam para o ensino, exige que os formadores de professores repensem o *design* da preparação para o ensino da Matemática com tecnologias” (p. 332), permitindo que os professores em formação tenham experiências que os envolvam no pensamento estratégico com a tecnologia, a Matemática e a pedagogia. Estas experiências devem preparar o futuro professor para planejar e implementar situações de aprendizagem tendo em conta o conteúdo específico a ensinar, as características específicas dos alunos e as vantagens e limitações do uso da tecnologia. A este respeito, Leung (2017) salienta que “os professores devem experimentar por si mesmos, enquanto aprendizes, as potencialidades e limitações de ferramentas digitais na aprendizagem da Matemática, para assim, adquirirem conhecimento sobre como os alunos podem aprender Matemática em vários ambientes digitais” (p. 6).

Enquanto a formação de futuros professores “continua a ser uma questão importante em todo o mundo e, daí, a importância de examinar onde estamos e para onde poderíamos caminhar, a fim de facilitar o desenvolvimento de professores de Matemática competentes” (Ponte & Chapman, 2008, p. 225), e “preparar futuros professores para ensinar Matemática com tecnologia no ensino secundário é um esforço importante e uma área de investigação emergente” (Huang & Zbiek, 2017, p. 23), “poucos estudos têm sido conduzidos para identificar como uma abordagem mais integrada apoia o desenvolvimento do PCK que integre o conhecimento tecnológico com o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico – um TPACK” (Niess, 2005, p. 511).

Por exemplo em Portugal, um estudo recente (Maneira & Gomes, 2017) sobre a disseminação do TPACK em eventos científicos, nomeadamente em conferências internacionais sobre a tecnologia em Educação (*Challenges* e *TicEDUCA*), revelou que foi a partir de 2010 que o TPACK começou a estar presente no contexto destes eventos e, desde então, nos últimos anos um total de 19 participações têm apresentado estudos que mobilizam o TPACK conceitual ou operacionalmente. Além disto, destas participações, só duas estão situadas no contexto da formação e do ensino da Matemática, um estudo realizado em Portugal (Rocha, 2010) e outro no Brasil (Maltempi & Mendes, 2016).

Portanto, tendo em conta que há poucos estudos sobre o trabalho a realizar com os futuros professores para desenvolver o TPACK, principalmente, estudos que proporcionem experiências de formação que capacitem os futuros professores para integrar efetivamente a tecnologia no seu ensino (Niess, 2005), este estudo procura dar contributos significativos para esta problemática, nomeadamente, sobre como pode ser desenvolvido este conhecimento na formação inicial de professores de Matemática.

1.3. Objetivos e questões de investigação

Assumindo que para desenvolver o TPACK dos futuros professores de Matemática é favorável implementar estratégias de formação caracterizadas pela integração da tecnologia no programa de formação inicial, e em particular nas unidades curriculares de didática e metodologia que o estruturam (Niess, 2012a; Mouza, 2016), é desejável analisar, de forma estruturada e com mais detalhe, o conhecimento dos futuros

professores no que respeita à integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, ainda no seu processo de formação inicial.

Neste sentido, surge como pertinente a concretização de uma experiência de formação, nas aulas de uma unidade curricular de Didática da Matemática de um curso de Mestrado em Ensino da Matemática, tendo em vista o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores. Esta experiência de formação é orientada por uma conjectura com duas dimensões: de conteúdo e pedagógica (Confrey & Lachance, 2000). No que respeita ao conteúdo, a experiência assenta na definição de TPACK, considerando quatro componentes que são centrais para definir e analisar o TPACK dos futuros professores de Matemática (Niess, 2012a, descritos na seção 2.2.4 no capítulo 2): (i) as conceções abrangentes do futuro professor sobre o que significa ensinar conteúdos matemáticos com tecnologia; (ii) o conhecimento que desenvolve o futuro professor sobre o currículo e materiais curriculares quando se integra a tecnologia; (iii) o conhecimento que desenvolve o futuro professor sobre a compreensão dos alunos quando aprendem com tecnologia; e (iv) o conhecimento que desenvolve o futuro professor sobre estratégias de ensino quando se integra a tecnologia. A dimensão pedagógica prende-se com a criação de contextos de formação inicial que permitam promover uma integração do conhecimento didático e tecnológico, como requerido pelo TPACK. As tarefas que suportam a experiência de formação oferecem aos futuros professores oportunidade de reflexão, discussão e análise de situações de ensino e aprendizagem da Matemática quando se integra a tecnologia; além disto, as tarefas permitem que os futuros professores explorem novas tecnologias para o ensino e aprendizagem da Matemática, nomeadamente *software* educacional específico, e promovem a mobilização de conhecimento didático para a planificação de situações de aprendizagem da Matemática que integrem a tecnologia.

Desta forma, o objetivo que se pretende alcançar com este trabalho é compreender como se desenvolve o TPACK de futuros professores de Matemática (do 3.º ciclo do ensino básico e do ensino secundário), num contexto de uma experiência de formação centrada em tarefas que visam integrar, de modo articulado, conhecimento didático e tecnológico. Por um lado, procura-se caracterizar e compreender como desenvolve o TPACK dos futuros professores no decorrer da experiência de formação. Por outro lado,

reflete-se sobre a experiência de formação e os seus contributos para o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores.

Para atingir o objetivo proposto, formularam-se as seguintes questões de investigação:

Q1. Como se caracteriza e evolui o TPACK dos futuros professores no decorrer da experiência de formação? Em particular:

- a) Quais as conceções que os futuros professores manifestam em relação à integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, ao longo da experiência de formação?
- b) Que conhecimento associado à integração da tecnologia no currículo de Matemática os futuros professores evidenciam ao longo da experiência de formação?
- c) Que conhecimento associado à integração da tecnologia na aprendizagem da Matemática os futuros professores evidenciam ao longo da experiência de formação?
- d) Que conhecimento associado à integração da tecnologia nas estratégias de ensino da Matemática os futuros professores evidenciam ao longo da experiência de formação?

Q2. De que forma a experiência de formação, com as características descritas, contribuiu para promover o desenvolvimento do TPACK de futuros professores de Matemática?

1.4. Organização do estudo

Este presente trabalho está organizado em nove capítulos, tratando-se este primeiro de introdução ao estudo. Os dois capítulos seguintes, de revisão de literatura, respeitam ao enquadramento teórico que fundamenta este estudo e à discussão dos principais resultados da investigação realizada no âmbito da formação inicial de professores de Matemática e do desenvolvimento do conhecimento profissional de professores de Matemática, nomeadamente o TPACK. Particularmente, no capítulo 2 discuto o conhecimento profissional do professor de Matemática, nomeadamente a sua natureza, estrutura, conteúdo e desenvolvimento, além disto, descrevo quatro modelos teóricos deste conhecimento. No capítulo 3, discuto sobre a formação inicial de professores,

destaco as principais linhas orientadoras da formação inicial dos professores de Matemática, a integração da tecnologia na formação inicial de professores e apresento alguns estudos que têm operacionalizado o TPACK neste contexto de formação inicial de professores de Matemática.

No capítulo 4 apresento as opções metodológicas de investigação, fundamentando e descrevendo a metodologia de Investigação Baseada em Design que segue este estudo, inserido no paradigma interpretativo com abordagem qualitativa. Além disto, descrevo os procedimentos e instrumentos de recolha e análise de dados; descrevo o contexto do estudo, nomeadamente os participantes e o papel do investigador, e apresento as questões éticas que resguardam esta investigação.

Nos capítulos 5 e 6 apresento o primeiro e segundo ciclo de design, respetivamente, descrevendo os aspetos relacionados à preparação da experiência de formação, a sua experimentação na sala de aula e à análise retrospectiva desta experimentação que visou refinar a conjectura e os princípios de design.

Os capítulos 7 e 8 dizem respeito à apresentação e discussão dos resultados obtidos da análise de dados. No capítulo 7 apresento os resultados sobre o TPACK dos futuros professores e no capítulo 8 os resultados referentes à análise da Experiência de Formação.

Finalmente, no capítulo 9, de conclusão do estudo, discuto os principais resultados do estudo, dando resposta à questões de investigação, e apresento as considerações finais sobre a reflexão desta investigação.

CAPÍTULO 2

CONHECIMENTO PROFISSIONAL DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA

Muito se tem discutido e investigado sobre o conhecimento profissional dos professores ao longo das últimas três décadas, fazendo emergir uma diversidade de modelos que caracterizam este conhecimento para áreas específicas. Neste capítulo começo por abordar aspectos gerais do conhecimento profissional do professor, no que respeita à sua natureza, estrutura e domínios. Posteriormente discuto os modelos teóricos que têm surgido dentro da comunidade científica para dar resposta a qual o conhecimento profissional que deve ter um professor para ensinar um determinado conteúdo, dando especial atenção ao modelo TPACK que se reporta ao conhecimento para ensinar Matemática com tecnologia e que será o foco deste estudo. Por último, com o intuito de compreender e fundamentar como desenvolver este conhecimento nos futuros professores, discuto também várias abordagens, reportadas na literatura, que orientam a formação de professores.

2.1. O conhecimento profissional do professor

2.1.1. Breve enquadramento

Até o século XIX, era predominantemente concebido que os professores precisavam essencialmente do conhecimento do conteúdo que deveriam ensinar (Gómez, 2007). A partir dos anos 80 esta perspetiva começou a mudar, pois autores como Shulman

(1986) e Shön (1983) iniciam uma discussão à volta da questão de qual o conhecimento que um professor precisa de adquirir e desenvolver para exercer a sua prática profissional. Desde então, o conhecimento profissional do professor tem sido o objeto de estudo de diversas investigações que têm dado como resultado distintos modelos que procuram caracterizar este tipo de conhecimento e orientar formas de o desenvolver.

No entanto, antes de centrar a discussão no conhecimento profissional do professor, é importante referir a definição de *conhecimento*. Alguns autores têm definido este termo. Pajares (1992), por exemplo, usa *conhecimento* para referir-se à rede ampla de conceitos, imagens e habilidades que possuem os seres humanos, uma definição que associa a inteligência de um indivíduo com o conhecimento que ele tem. Mais tarde, Schoenfeld (2010) apresenta uma definição de natureza mais operativa defendendo que “o conhecimento de um indivíduo é a informação que ele tem disponível para usar e resolver problemas, alcançar alvos, ou desenvolver qualquer tarefa. Note-se que, de acordo com isto, o conhecimento não tem de ser necessariamente correto” (p. 25). Assim, de acordo com estas posições, o conhecimento é um conjunto de saberes (teoria) que um indivíduo possui para um propósito (prática), como por exemplo resolver tarefas.

Mas o quê é então *conhecimento profissional*? Azcárate (1999) defende que o conhecimento profissional é um saber prático caracterizado pela elaboração de teorias ou metodologias que orientam o seu agir. Deste modo, o conhecimento profissional entende-se como um conjunto de saberes que um profissional tem para dirigir o seu trabalho. Entretanto, na área da Educação, esta mesma autora define o *conhecimento profissional do professor* como um conhecimento prático, complexo, integrador, crítico e profissionalizado.

O conhecimento profissional de um professor é um conhecimento *prático*, dirigido à intervenção no âmbito educativo; é *complexo e integrador*, não é um conjunto de técnicas didáticas estandardizadas nem também é um conjunto de rotinas e princípios elaborados a partir da experiência, senão requer da interação e integração rigorosa de saberes de distintos tipos; é *crítico*, porque orienta a atuação dos professores numa determinada direção, e é *profissionalizado sobre o ensino dos conteúdos*, pois deve abordar especificamente situações e problemas relacionados com a prática de ensino (Azcárate, 2004, p. 2, *itálico no original*).

Contudo, no campo específico da Educação Matemática, a investigação sobre o *conhecimento profissional do professor de Matemática* tem sido motivada por distintas

questões, como por exemplo, “que tipos de conhecimento necessitam os professores para serem eficientes?” e “que tipos de experiências devem viver os professores para construir esse conhecimento?” (Cooney, 1994, p. 608). Jaworski (2002), focando-se no desenvolvimento de um conhecimento mais específico para ensinar Matemática, levanta também algumas questões, entre elas: “Como se desenvolve o conhecimento pedagógico? De que forma os futuros professores articulam os seus conhecimentos de Matemática e Pedagogia para planificar eficientemente o ensino na sala de aula?” (p. 90).

As propostas de Kilpatrick (2003) salientam, igualmente, algumas questões associadas com o conhecimento profissional do professor, por exemplo, onde e como os professores usam a Matemática? Que conhecimento matemático e habilidades estão envolvidos no ensino competente da Matemática? Como podem os professores, em formação e em serviço, desenvolver o seu conhecimento matemático e utilizá-lo mais eficientemente no ensino? Relacionado com esta noção de eficiente, Gómez (2007) realiza um estudo situado na formação inicial de professores de Matemática do ensino secundário e considera que um professor eficiente é aquele professor que toma em consideração as condições do contexto e consegue alcançar os objetivos educacionais a que se tem proposto. Neste estudo, o autor questiona o seguinte: “O que caracteriza a atuação eficaz e eficiente do professor na sala de aula de Matemática? Quais devem ser os conhecimentos, capacidades e atitudes de um professor que atua eficaz e eficientemente?” (pp. 3-4). Apesar dos muitos esforços que se têm feito para responder estas questões, nota-se que “há uma variedade de questões ainda não resolvidas em relação ao professor de Matemática” (Gómez, 2007, p. 3), pelo que se torna necessário compreender o contexto, as causas e os propósitos que originam estas diferentes questões.

De acordo com Gómez (2007) a investigação sobre o conhecimento profissional do professor de Matemática passou por três fases. A primeira, chamada a fase do ensino eficiente, procurava identificar as características de um bom professor. Posteriormente, querendo validar estas características, houve uma segunda fase que procurava por um lado medir e validar o conhecimento do professor nos cursos de formação e, por outro lado, relacionar esta avaliação com o desempenho e a aprendizagem dos seus alunos. Finalmente, a terceira fase, chamada pensamento do professor, parte da hipótese de que aquilo que o professor faz na sala de aula depende daquilo que o professor sabe e pensa, buscando atribuir qualidades reflexivas ao professor.

No entanto, com o avanço da tecnologia no atual século XXI e segundo as orientações curriculares que apontam para um ensino da Matemática com tecnologia (AMTE, 2017; NCTM, 2014), novos questionamentos têm-se somado em relação ao conhecimento profissional do professor de Matemática, como por exemplo: Como o professor desenvolve o seu conhecimento tecnológico?; De que forma o professor articula o conhecimento tecnológico com o conhecimento matemático e o conhecimento pedagógico?; Quais devem ser os conhecimentos e capacidades de um professor para integrar eficientemente a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática? (Koehler, Mishra, Kereluik, Shin & Grahmet, 2014; Mishra & Koehler, 2006; Niess, 2012a; Tatar et al., 2018).

2.1.2. Natureza, estrutura e conteúdo do conhecimento profissional do professor

No vasto mar de questões associadas ao conhecimento profissional do professor, torna-se relevante seguir uma abordagem que permita aprofundar sobre o que é este conhecimento. Para Santos et al. (2008) o estudo do conhecimento profissional do professor de Matemática deve destacar três elementos principais: a sua natureza, a sua estrutura e o seu conteúdo. Segundo estes autores “o estudo do conhecimento profissional do professor pode ser feito segundo diversas abordagens, privilegiando as questões relativas à sua natureza, à sua estrutura, à forma como se constrói e desenvolve ou ainda ao seu conteúdo” (p. 34).

Quanto à sua natureza, Shön (1983) salienta que o conhecimento profissional do professor é um conhecimento tácito e que se desenvolve através da experiência na prática, isto é, para o autor o professor tem a necessidade de analisar o conhecimento teórico perante a singularidade das situações que acontecem na sua prática profissional, destacando que esta análise implica um processo de reflexão por parte do professor sobre a sua ação, permitindo-lhe construir o conhecimento sobre a prática.

Canavarro (2003) também reconhece que o conhecimento profissional do professor combina teoria e prática, argumentando que “a grande questão é caracterizar a natureza de um conhecimento que se sabe não ser essencialmente teórico, sem o reduzir a um saber-fazer de natureza artesanal, do tipo do aprendiz que aprende um ofício por observação e imitação do mestre” (p. 24). Em vista disto, a natureza do conhecimento “depende da maneira como o professor recolhe, seleciona, integra e interpreta a sua experiência” (Llinares, 2013, p. 78), pelo que para Llinares (2013) o conhecimento

teórico e a experiência prática complementam-se para resultar no conhecimento que o professor precisa de desenvolver para resolver problemas profissionais associados ao ensino da Matemática e às situações de aprendizagem.

Contudo, ao considerar a dimensão teórica e a dimensão prática da natureza deste conhecimento, alerta-se que “o conhecimento profissional do professor é, assim, acima de tudo, orientado para uma atividade prática (ensinar matemática a grupos de alunos)” (Ponte, 2011, p.3). Sendo assim, o foco, ou melhor, a natureza intrínseca do conhecimento profissional do professor é a prática.

Embora se apoie em conhecimentos de natureza teórica (sobre a matemática, a educação em geral e o ensino da matemática) e também de natureza social e experiencial (sobre os alunos, a dinâmica da aula, os valores e a cultura da comunidade envolvente, a comunidade escolar e profissional, etc.) (Ponte, 2011, p.3).

Em resumo, “o conhecimento profissional tem uma base tanto disciplinar como experiencial, resultando da reflexão e investigação dos professores sobre as práticas” (Santos et al., 2008, p. 33). Isto é, ainda que esteja orientado para uma atividade prática que envolve o trabalho de ensinar, igualmente se deve considerar tanto o conhecimento teórico sobre a própria disciplina, a pedagogia, a didática, o currículo e demais saberes da educação em geral, como também o conhecimento adquirido e desenvolvido no contexto social onde têm lugar as suas experiências profissionais, como o conhecimento sobre os alunos, a sala de aula, a cultura da comunidade escolar, as interações entre os membros dessa comunidade, entre outras (Ponte, 2012).

Quanto à estrutura, Shulman (1986) refere que o conhecimento profissional do professor, respeitante aos seus domínios e às suas categorias, divide-se em três formas de conhecimento: proposicional, de casos e estratégico.

O conhecimento proposicional é aquele que é ensinado para o professor e segundo o autor existem “três tipos de conhecimento proposicional no ensino, correspondendo às três principais fontes de conhecimento sobre o ensino: investigação empírica ou filosófica disciplinada, experiência prática e raciocínio moral ou ético” (Shulman, 1986, p.11). O conhecimento de casos “é o conhecimento de eventos específicos, bem documentados e ricamente descritos” (Shulman, 1986, p.11); aqui os casos podem ser exemplos específicos provenientes da prática ou da investigação. Para o autor existem três tipos de casos: os protótipos, os precedentes e as parábolas. Finalmente, o conhecimento estratégico, de certo modo traz unidade às duas formas de conhecimento anteriormente

descritas, no sentido de que “o conhecimento estratégico entra em cena quando o professor se depara com situações ou problemas particulares, sejam teóricos, práticos ou morais” (Shulman, 1986, p. 13), isto é, quando existem contradições entre as proposições ou entre as proposições e algum caso, o conhecimento estratégico permite a formação de um conhecimento base que visa articular as diferentes formas de conhecimento.

Em relação ao conteúdo do conhecimento profissional do professor, até nos inícios da década dos oitenta, era geralmente aceite que este conhecimento estava formado por dois conhecimentos independentes, mas que se complementavam entre si: o conhecimento disciplinar ou de conteúdo e o conhecimento pedagógico (Gómez, 2007). Foi logo em finais desta década que Shulman (1986) começou a romper com estas ideias e apresentou um modelo teórico que visava estender e aprofundar os domínios do conhecimento profissional do professor (ver seção 2.2.1 deste capítulo). Este autor distingue “três categorias de conhecimento do conteúdo: (a) conhecimento do conteúdo da disciplina, (b) conhecimento pedagógico do conteúdo e (c) conhecimento curricular” (Shulman, 1986, p. 9). Já no contexto da Educação Matemática, Bromme (1994) propõe uma classificação de seis domínios do conhecimento do professor de Matemática, conhecimento: (i) da Matemática como disciplina, (ii) da Matemática escolar, (iii) da filosofia da Matemática escolar, (iv) da pedagogia, (v) da pedagogia específica do conteúdo, e (vi) da integração cognitiva destes diferentes domínios. Estas duas categorizações do conhecimento profissional do professor quanto ao seu conteúdo apresentam domínios aparentemente independentes entre si e pouco interligados, o que geraria dificuldades na prática profissional do professor (Gómez, 2007). De modo que Simon (1997) atende esta problemática definindo uma estrutura que relaciona os distintos domínios que suportam a base do conhecimento profissional do professor de Matemática. Este autor identifica cinco domínios de conhecimento que se relacionam entre si, conhecimento: (i) da Matemática, (ii) das atividades e representações matemáticas, (iii) hipotético dos alunos, (iv) das teorias sobre o ensino e a aprendizagem da Matemática, (v) da aprendizagem dos alunos sobre um conteúdo específico.

Estas ideias de inter-relação dos diferentes domínios de conhecimento do conhecimento profissional do professor começaram a ganhar força e vários outros autores consideram a importância de integrar os diferentes tipos de conhecimento. Azcárate (2004) propõe um esquema (Figura 2.1) que inter-relaciona quatro fontes de

conhecimento do conhecimento profissional do professor de Matemática: (i) o conhecimento meta-disciplinar, complexo e crítico; (ii) o conhecimento disciplinar profissionalizado; (iii) o conhecimento experiencial, diversificado, autónomo e crítico; e (iv) rede organizada de conhecimento sobre os problemas profissionais relevantes.

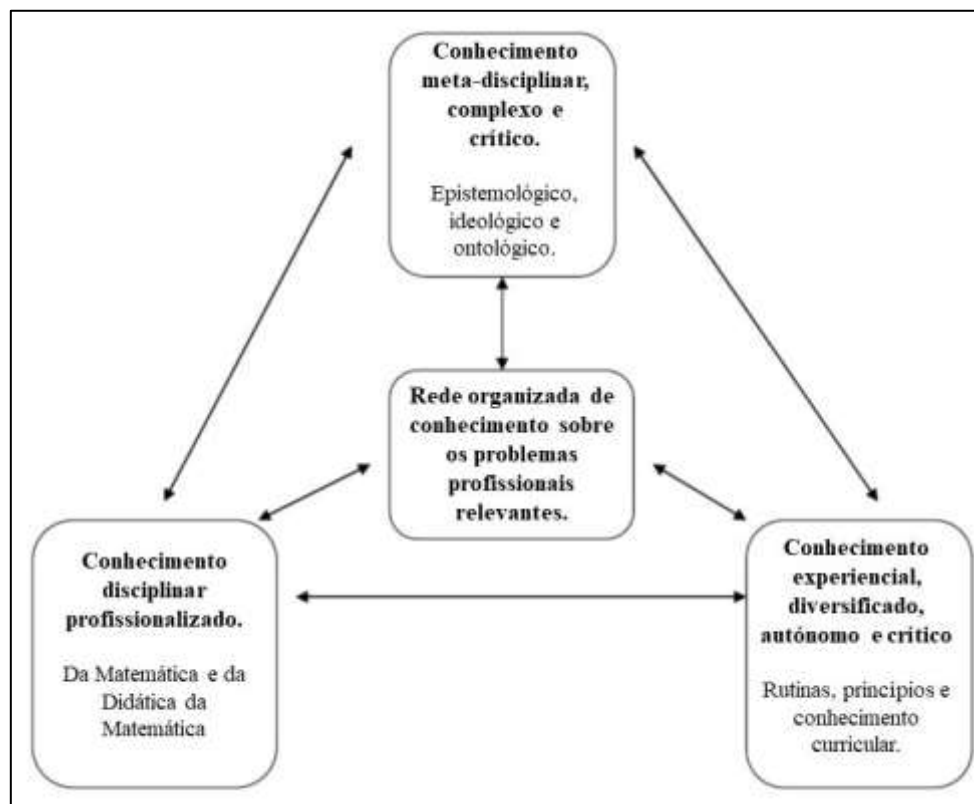


Figura 2.1. Domínios e fontes do conhecimento profissional do professor de Matemática (Azcárate, 2004, p. 3)

Na seção seguinte (seção 2.2) apresento alguns dos modelos teóricos que têm sido propostos nas últimas décadas e que têm marcado a investigação sobre o conhecimento profissional do professor, em cada um desses modelos definem-se os diferentes conteúdos, domínios e tipos de conhecimento que compõem o conhecimento profissional do professor.

2.1.3. Síntese

Diferentes questões, estudos e modelos sobre o conhecimento profissional do professor têm emergido, nas últimas três décadas. Este conhecimento é um conjunto de saberes que dirigem e orientam a prática docente do professor, comumente caracterizado como um conhecimento orientado para o ensino, prático, complexo, integrador, crítico e profissionalizado.

Embora se apoie num conjunto de conhecimentos de natureza teórica, a natureza intrínseca do conhecimento profissional do professor é prática. Esta natureza prática baseia-se num conhecimento experiencial, resultado do contexto social em que o professor está inserido e da reflexão e investigação do professor sobre a sua prática profissional.

Sendo composta por três formas de conhecimento, a estrutura do conhecimento profissional do professor é igualmente complexa. De forma articulada a estrutura do conhecimento profissional do professor está formada pelas proposições provenientes da investigação, a experiência prática e as normas sociais; os casos específicos que detalham a prática profissional na sala de aula e o conhecimento estratégico do professor que harmoniza estas diferentes formas do conhecimento. Quanto ao conteúdo, são vários os domínios de conhecimento que se relacionam e se complementam entre si, para gerar um conhecimento profissional do professor integrado e unificado. Pelo que surgem diferentes modelos teóricos que apresentam o conteúdo do conhecimento profissional do professor desde distintas perspetivas, categorias e domínios.

2.2. Modelos do conhecimento profissional do professor

2.2.1. O conhecimento pedagógico do conteúdo: modelo PCK

Um dos modelos sobre o conhecimento do professor que tem estado na base de grande parte das investigações sobre esta temática e que tem sido considerado também na formação inicial de professores é o modelo de Shulman (1986). Este autor argumenta que ter conhecimentos sólidos sobre o conteúdo a ensinar e sobre estratégias pedagógicas gerais, ainda que necessários, não é suficiente para definir o conhecimento de um bom professor.

Na perspetiva do autor, o *conhecimento pedagógico* (*Pedagogical Knowledge – PK*) é um conhecimento, muitas vezes genérico, sobre os processos ou métodos de ensino e aprendizagem que envolve objetivos e valores educacionais gerais, gestão de sala de aula, estratégias de ensino, planificação curricular e processos de avaliação de alunos (Shulman, 1986).

Shulman (1987) refere sete categorias para o conhecimento base do professor: conhecimento pedagógico geral; conhecimento dos alunos; conhecimento dos contextos educativos; conhecimento dos propósitos, valores, história e filosofia da educação;

conhecimento do conteúdo; conhecimento do currículo; e conhecimento pedagógico do conteúdo. Dando ênfase às três últimas categorias Shulman, (1986, 1987) define que o *conhecimento do conteúdo* (*Content Knowledge – CK*) refere-se ao conhecimento dos conceitos, teorias e procedimentos da disciplina. O autor salienta que os professores não devem apenas ser capazes de definir para os alunos as verdades aceitas numa determinada disciplina, eles também devem “ser capazes de explicar o porquê de uma determinada proposição ser considerada verdadeira, porque vale a pena conhecê-la e como ela se relaciona com outras proposições” (Shulman, 1986, p. 9). O *conhecimento do currículo* diz respeito aos programas destinados ao ensino de temas ou tópicos específicos num determinado nível de escolaridade, os materiais didáticos disponíveis em relação a esses programas e ao conjunto de princípios orientadores que servem como indicação para o uso desse conhecimento curricular em circunstâncias particulares.

Contudo, o autor salienta a importância e necessidade de definir um conhecimento que articula o conhecimento do conteúdo com o conhecimento de aspectos pedagógicos, por isso, define e caracteriza o *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* (*Pedagogical Content Knowledge – PCK*), como sendo um conhecimento do conteúdo para ensinar, considerando que as bases do conhecimento do professor centram-se na articulação entre o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico (Figura 2.2). Nas palavras de Shulman (1986), o PCK inclui

Os tópicos mais regularmente ensinados na área da disciplina, as formas mais úteis de representação dessas ideias, as mais poderosas analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações - numa palavra, as formas de representar e formular o assunto (o conteúdo) que o tornam compreensível para os outros (p. 9).

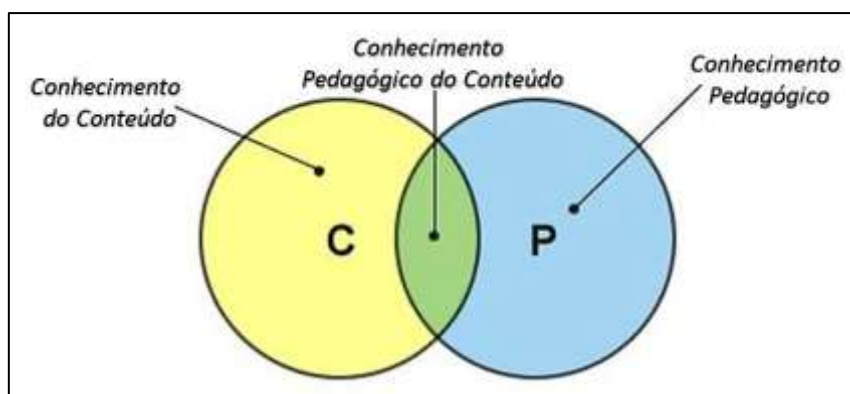


Figura 2.2. PCK (Shulman, 1986)

Em conformidade com o modelo de Shulman (1986), Grossman (1989, 1990) sintetizou, em quatro componentes centrais do PCK, o conhecimento que precisa ser desenvolvido nos professores:

- i. Conceção abrangente do que significa ensinar um determinado conteúdo.
- ii. Conhecimento de estratégias e representações para o ensino de tópicos específicos.
- iii. Conhecimento da compreensão, do pensamento e da aprendizagem dos alunos na área disciplinar.
- iv. Conhecimento do currículo e materiais curriculares para a aprendizagem.

2.2.2. O conhecimento didático da Matemática

Vários autores têm discutido o modelo PCK, dentre estes, Ponte e Chapman (2006) consideram que “a noção de PCK sugere uma concepção dominante do conhecimento do professor como declarativa, ao invés de orientada para a ação ou incorporada na prática” (p. 484). Pelo que se questiona o facto de o conhecimento profissional do professor ir mais além do proposto por Shulman (1986). Mais concretamente, para o ensino de Matemática com qualidade “é necessário que o professor tenha uma formação matemática apropriada bem como competências reconhecidas no campo didático” (Ponte, 2014, p. 344). A este respeito, Ponte (2012) considera que

O conhecimento profissional do professor de Matemática inclui diversos aspetos, dos quais nos interessa sobretudo o que se refere à prática letiva, aquele onde se faz sentir de modo mais forte a especificidade da disciplina de Matemática, e que designamos por conhecimento didático (pp. 86-87).

Para Gómez e Rico (2004), o *conhecimento didático* “é o conhecimento necessário para organizar atividades de ensino e aprendizagem” (p. 4). Estes autores identificam três tipos de conhecimento que integram o conhecimento didático: (i) conhecimento sobre o currículo como uma ferramenta de planeamento e estruturação global; (ii) conhecimento sobre os fundamentos da Matemática escolar (Matemática, aprendizagem, ensino e avaliação); e (iii) conhecimento sobre a Educação Matemática, nomeadamente, conhecimento sobre ferramentas conceituais e metodológicas para o planeamento local.

A partir de outra perspetiva, mas com algumas semelhanças com as ideias de Gómez e Rico (2004), Ponte (2012) define o *conhecimento didático da Matemática* a partir de quatro grandes vertentes (Figura 2.3): (i) o conhecimento da Matemática, (ii) o conhecimento do currículo, (iii) o conhecimento do aluno e dos seus processos de

aprendizagem, e (iv) o conhecimento dos processos de trabalho na sala de aula (conhecimento da prática letiva).



Figura 2.3. Vertentes do conhecimento didático (Ponte, 2012, p. 86)

Em relação à primeira vertente, o *conhecimento da Matemática*, Ponte (2012) salienta que “não se trata, aqui, do conhecimento da Matemática como ciência, mas sobretudo da interpretação que dela faz o professor enquanto disciplina escolar” (p. 87). Consiste num conhecimento específico sobre os conceitos e procedimentos fundamentais da disciplina. Dentro desta perspetiva, o professor deve ser capaz de “relacionar ideias particulares ou procedimentos dentro da Matemática, de conversar sobre a Matemática e de explicar os juízos feitos e os significados e razões para certas relações e procedimentos” (Albuquerque et al., 2006, p. 14).

No que diz respeito à segunda vertente, o *conhecimento do currículo*, esta “inclui o conhecimento das grandes finalidades e objetivos do ensino da Matemática, bem como a organização dos conteúdos, o conhecimento dos materiais e das formas de avaliação a utilizar” (Ponte, 2012, p. 88). Segundo Canavarro (2003), o conhecimento curricular ajuda o professor a equacionar as melhores opções para abordar os conteúdos, “pondo em prática as orientações metodológicas, para dar consecução às finalidades principais da aprendizagem da Matemática” (p. 49). Este conhecimento curricular apela à articulação entre os conteúdos matemáticos, as recomendações metodológicas, os objetivos de aprendizagem, as indicações sobre a avaliação da aprendizagem e os materiais e recursos. Além disto, é necessário que o professor conheça os programas de estudo a tal ponto de interpretá-los e adaptá-los ao contexto da sua sala de aula (Canavarro, 2003).

Na terceira vertente, o *conhecimento do aluno e dos seus processos de aprendizagem*, o professor deve ser sensível aos modos próprios de *aprender*, de pensar e de fazer Matemática que os alunos desenvolvem ao longo da sua escolarização, tendo em conta que o seu papel é de facilitador da aprendizagem dos alunos e não de transmissor de conceitos ou técnicas procedimentais. Especificamente, o sucesso do trabalho do professor está influenciado pelo conhecimento que ele tem dos seus alunos “como pessoas, os seus interesses, os seus gostos, a sua forma habitual de reagir, os seus valores, as suas referências culturais e o modo como aprendem” (Ponte, 2012, p. 88). Uma vez que a aprendizagem da Matemática é referida como um processo de construção do conhecimento, que envolve a compreensão de conceitos matemáticos e a sua utilização na resolução de tarefas, “o conhecimento sobre os processos de pensamento e de resolução de problemas dos alunos é outro elemento importante do conhecimento profissional do professor” (Santos et al., 2008, p. 36).

Finalmente, na quarta vertente, o *conhecimento sobre a prática letiva*, Ponte (2012) defende que este conhecimento inclui tudo o que respeita à condução das aulas: planificação, tarefas, organização do trabalho dos alunos, criação de uma cultura de aprendizagem da sala de aula, a comunicação e a avaliação da aprendizagem dos alunos. Llinares (2008) defende que a atividade vinculada ao professor de Matemática é ensinar Matemática, o que significa que o professor deve aprender uma prática. Para este autor a noção de prática implica “realizar tarefas (sistema de atividades) para atingir um fim, fazer uso de instrumentos e justificar o seu uso” (p. 10). Portanto, ao considerar o ensino da Matemática como uma prática que deve ser aprendida, Llinares (2008, 2013) identificou três componentes do conhecimento profissional do professor que permitem realizar algumas das tarefas vinculadas com a sua prática (Figura 2.4): (i) analisar, diagnosticar e dotar de significado as produções dos seus alunos e comparar essas produções com os objetivos de aprendizagem; (ii) planificar e organizar o conteúdo matemático para ensiná-lo selecionando tarefas matemáticas adequadas; e (iii) dotar de sentido e orientar a comunicação matemática na sala de aula.



Figura 2.4. Tarefas da prática profissional do professor de Matemática (Llinares, 2013, p. 79)

2.2.3. O conhecimento matemático para ensinar

Um modelo que faz a distinção entre o conhecimento matemático de um professor e o conhecimento matemático de outros profissionais, como os engenheiros ou os economistas, é o modelo sobre o conhecimento matemático para ensinar. Hill, Rowan e Ball (2005) definem o *conhecimento matemático para ensinar* (*Mathematical Knowledge for Teaching* – MKT) como o conhecimento que vai além do que é aprendido numa disciplina de Matemática, pois os professores de Matemática não só precisam realizar cálculos corretamente mas também precisam de “representar os conceitos e procedimentos matemáticos aos alunos, fornecer aos alunos explicações para regras comuns e procedimentos matemáticos e analisar as soluções e explicações dos alunos” (Hill et al., 2005, p. 372).

Nesta perspectiva teórica, Ball, Thames e Phelps (2008) distinguem entre dois tipos de conhecimento, o conhecimento comum e o conhecimento especializado. O *conhecimento comum do conteúdo* refere-se ao conhecimento que qualquer pessoa com formação Matemática usa para resolver corretamente um dado problema matemático e, no caso do professor de Matemática, é o conhecimento base que ele precisa ter. O *conhecimento especializado do conteúdo* é o conhecimento que distingue o professor de Matemática de qualquer outra pessoa com formação Matemática, já que este conhecimento vai além de resolver corretamente uma tarefa matemática. Este conhecimento especializado capacita o professor para explicar aos alunos a razão de ser dos procedimentos matemáticos,

permite que o professor reconheça os erros dos seus alunos, promova o uso de diferentes representações dos conceitos matemáticos e diferentes estratégias para resolver as tarefas.

Mais tarde, Hill e Ball (2009) alargam os domínios do conhecimento envolvidos no conhecimento matemático para ensinar, definindo-os como o conhecimento do horizonte matemático, o conhecimento do conteúdo e dos alunos, o conhecimento do conteúdo e do ensino, e o conhecimento do conteúdo e do currículo (Figura 2.5). Sobre o *conhecimento do horizonte matemático*, as autoras argumentam que consiste no conhecimento que engloba uma visão geral e panorâmica do ensino da Matemática, ou seja, o conhecimento sobre os conteúdos matemáticos correspondentes aos anos anteriores e a sua relação com os conteúdos que estão a ser abordados. No que diz respeito ao *conhecimento do conteúdo e dos alunos*, este corresponde à capacidade do professor para antecipar as dificuldades dos alunos, atender aos seus pensamentos e responder de forma apropriada, apelando, portanto, à planificação das aulas e à atuação do professor na sua implementação. Quanto ao *conhecimento do conteúdo e do ensino*, este refere-se ao conhecimento que envolve as decisões do professor relativamente às estratégias utilizadas para ensinar, o que inclui as formas de intervir na sala de aula, fazer questionamentos aos alunos e orientar o desenvolvimento da aula. Finalmente, o *conhecimento do conteúdo e do currículo*, consiste no enquadramento dos conteúdos matemáticos no currículo escolar.

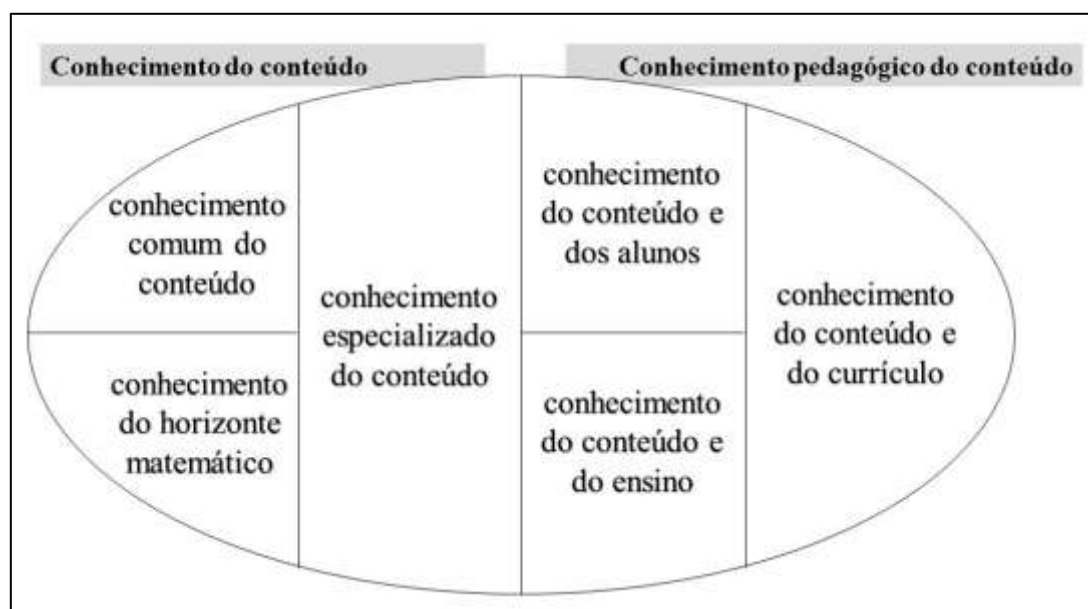


Figura 2.5. Conhecimento Matemático para Ensinar (Hill & Ball, 2009, p. 70)

Contudo, Ball et al. (2008) salientam que as linhas que separam os diferentes domínios do conhecimento matemático para ensinar são frágeis, como, por exemplo, que

identificar uma resposta errada é conhecimento comum do conteúdo, mas identificar a natureza do erro pode ser conhecimento especializado do conteúdo ou conhecimento do conteúdo e dos alunos. Assim, cabe ao professor articular o seu conhecimento matemático com as suas experiências na prática profissional.

2.2.4. O conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo: modelo TPACK

Com o desenvolvimento da tecnologia, sobretudo o *software* educativo, e a sua crescente presença nas recomendações das orientações curriculares (NCTM, 2014; AMTE, 2017), tornou-se necessário os professores desenvolverem conhecimento relativo à integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

Neste contexto, vários autores têm-se pronunciado sobre as habilidades e competências que os professores devem de ter, nomeadamente, capacidades relacionadas com o conhecimento de ferramentas tecnológicas e o seu uso na educação (Fisher, 2000; Niess 2005; Mishra e Koehler, 2006; Voogt & Roblin, 2012). Os professores devem ser capazes de usar várias abordagens pedagógicas e diferentes tecnologias (digitais e não digitais) para apoiar o desenvolvimento das capacidades dos seus alunos no século XXI (Voogt & Roblin, 2012).

Como consequência destas exigências sobre a integração da tecnologia nas práticas letivas do professor, Earle (2002) argumenta que

A integração da tecnologia não é sobre tecnologia – é principalmente sobre conteúdo e práticas de instrução eficazes. A tecnologia envolve as ferramentas com as quais entregamos conteúdo e implementamos práticas de maneiras melhores. Seu foco deve estar no currículo e na aprendizagem. A integração é definida não pela quantidade ou tipo de tecnologia usada, mas por como e porquê ela é usada (p. 8).

Por sua vez, Mishra e Koehler (2006), à luz do modelo do PCK de Shulman (1986), discutem sobre o conhecimento tecnológico que um professor deve desenvolver e de utilizar na sua prática profissional. Para estes autores, ainda que Shulman não tenha discutido o conhecimento tecnológico e a sua relação com o conteúdo e a pedagogia, não acreditam que este tema fosse desprovido de importância para ele. Pelo contrário, consideram que as discussões atuais sobre o papel do conhecimento tecnológico para fins educacionais, parecem partilhar os problemas que Shulman tinha identificado na década de 1980, por exemplo, a consideração do conteúdo e da pedagogia de modo separado e independentes um do outro, à semelhança do que se passa na atualidade com a tecnologia,

que muitas vezes se encontra como componente isolada, independente do conteúdo, da pedagogia ou de ambos.

Assim, com a intenção de definir um modelo sobre o conhecimento do professor, atualizado e adaptado ao presente século da era digital, Mishra e Koehler (2006) propõem um construto teórico no qual se articulam os três tipos de conhecimento que formam a base do conhecimento profissional do professor: o conhecimento do conteúdo, o conhecimento pedagógico e o conhecimento tecnológico. Esta articulação consiste na integração simultânea e relacional destes três conhecimentos, que dá lugar a sete tipos de conhecimentos (Figura 2.6): o *conhecimento do conteúdo*, o *conhecimento pedagógico*, o *conhecimento tecnológico*, o *conhecimento pedagógico do conteúdo*, o *conhecimento tecnológico e pedagógico*, o *conhecimento tecnológico do conteúdo* e o *conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo* (Technological Pedagogical Content Knowledge – TPACK).

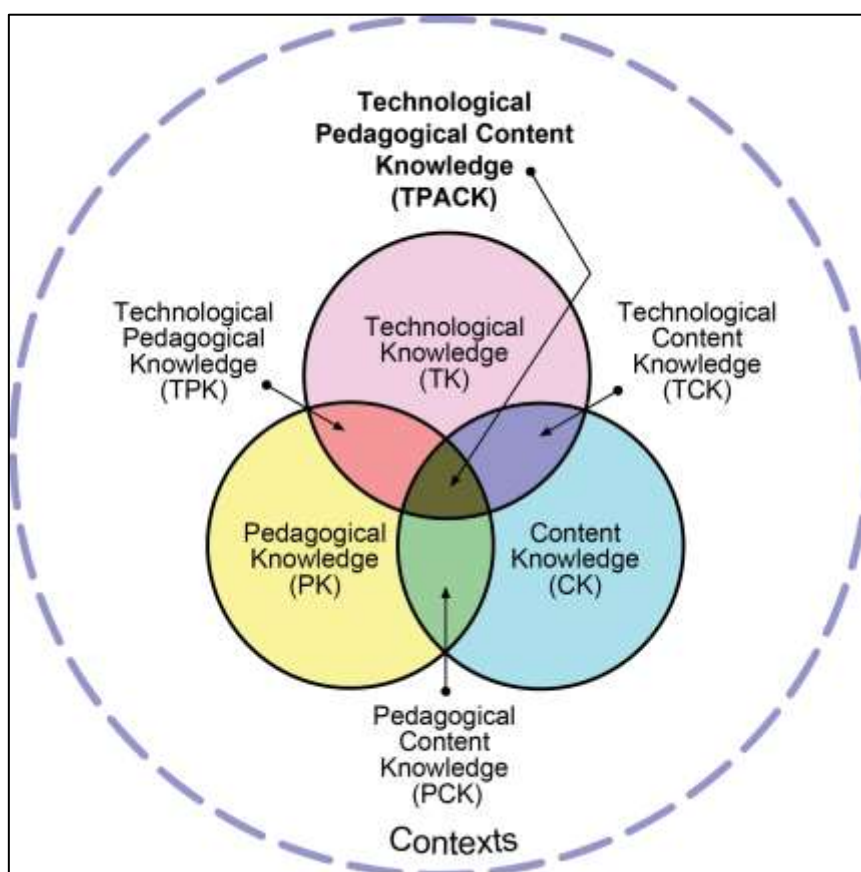


Figura 2.6. *Technological Pedagogical Content Knowledge Model* (Mishra & Koehler, 2006). Reproduzido com permissão do editor, © 2012 disponível em tpack.org

Neste modelo teórico, encontram-se considerados o conhecimento do conteúdo (CK), o conhecimento pedagógico (PK) e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK), que designo por *conhecimentos clássicos* e que foram definidos anteriormente na seção 2.2.1 deste capítulo. Mas para além destes, também se definem mais quatro tipos de conhecimento, que chamarei de *conhecimentos emergentes*, uma vez que emergem da articulação da tecnologia com os *conhecimentos clássicos*, que é uma característica particular deste modelo: o conhecimento tecnológico, o conhecimento tecnológico do conteúdo, o conhecimento tecnológico e pedagógico e o conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo.

O *conhecimento tecnológico* (*Technological Knowledge – TK*) é definido por Misha e Koehler (2006) como o conhecimento sobre tecnologias não digitais (livros, giz e quadro) e digitais (Internet, vídeo digital, *software*, *applets*, computadores, entre outras), envolvendo também as habilidades e competências necessárias para usá-las com autonomia. Quando o conhecimento tecnológico se articula com o conhecimento do conteúdo surge o *conhecimento tecnológico do conteúdo* (*Technological Content Knowledge – TCK*) que os autores definem como o conhecimento sobre o modo como a tecnologia e o conteúdo estão relacionados entre si. Por exemplo, os tipos de representações possíveis, através da tecnologia, para representar um conceito, bem como a flexibilidade que oferece a tecnologia para manipular essas representações. Desta forma, os autores argumentam que “os professores precisam saber não apenas o conteúdo que ensinam, mas também a maneira pela qual esse conteúdo pode ser alterado pelo uso da tecnologia” (Misha & Koehler, 2006, p. 1028).

O *conhecimento tecnológico e pedagógico* (*Technological Pedagogical Knowledge – TPK*) é definido pelos autores como o conhecimento simultâneo da existência e dos componentes e potencialidades de várias tecnologias que podem ser utilizadas no ensino e na aprendizagem e de como o ensino pode mudar ou alterar-se como resultado do uso de tecnologias específicas. Este conhecimento apela a que o professor compreenda que existe uma variedade de ferramentas tecnológicas para resolver uma tarefa específica, tenha a capacidade de escolher uma tecnologia baseada no seu potencial para os fins pretendidos e seja capaz de planificar estratégias para usar esses recursos na sala de aula.

Finalmente, descrevem o *conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo* (*Technological Pedagogical Content Knowledge – TPACK*) como o conhecimento que

resulta da interseção entre conteúdo, pedagogia e tecnologia, sendo definido como a base de um ensino que integra eficientemente a tecnologia, para o qual o professor requer:

Uma compreensão da representação de conceitos utilizando tecnologias; estratégias pedagógicas que utilizam tecnologias de maneira construtiva para ensinar conteúdos; conhecimento do que torna os conceitos difíceis ou fáceis de aprender e como a tecnologia pode ajudar a corrigir alguns dos problemas que os alunos enfrentam; conhecimento dos conhecimentos prévios dos alunos e teorias da epistemologia; e conhecimento de como as tecnologias podem ser usadas para construir sobre o conhecimento existente e desenvolver novas epistemologias ou fortalecer as antigas (Mishra & Koehler, 2006, p. 1029)

Desta forma, este modelo do conhecimento profissional do professor que envolve a articulação entre os domínios de conteúdo, pedagogia e tecnologia constitui “um *framework* flexível do conhecimento que os professores precisam desenvolver para integrar com sucesso a tecnologia no seu ensino” (Koehler & Mishra, 2008, p. 10). Este *framework*, segundo Niess (2012b), consiste numa estrutura dinâmica que descreve o conhecimento que os professores precisam de adquirir e desenvolver para planificar e desenvolver o currículo que visa orientar e promover, nos alunos, uma aprendizagem com tecnologia:

O *framework* TPACK e seus componentes de conhecimento apresentam uma visão diferente sobre o conhecimento do professor do que previamente imaginado nos séculos anteriores. Agora, o conhecimento do professor é representado como um equilíbrio dinâmico entre os múltiplos domínios do conhecimento (tecnologia, pedagogia e conteúdo) e habilidades que um professor precisa para ensinar conteúdo específico em níveis específicos (Niess, 2012b, p. 4).

Numa outra perspetiva, baseada nas quatro componentes centrais do PCK definidas por Grossman (1989, 1990) (já descritas na seção 2.2.1 deste capítulo) e com a intenção de expandir este pressuposto teórico, Margaret Niess (2005, 2012a) desenvolve um trabalho aprofundado que define quatro componentes que enquadram e descrevem o TPACK de um professor de Matemática (Figura 2.7). Estas quatro componentes, denominadas pela autora como *componentes cognitivas do TPACK*, exigem um olhar mais amplo do conhecimento profissional dos professores de Matemática, “uma perspetiva que especificamente caracteriza o impacto das tecnologias digitais modernas e emergentes no ensino e aprendizagem no século XXI” (Niess, 2012a, p. 318).

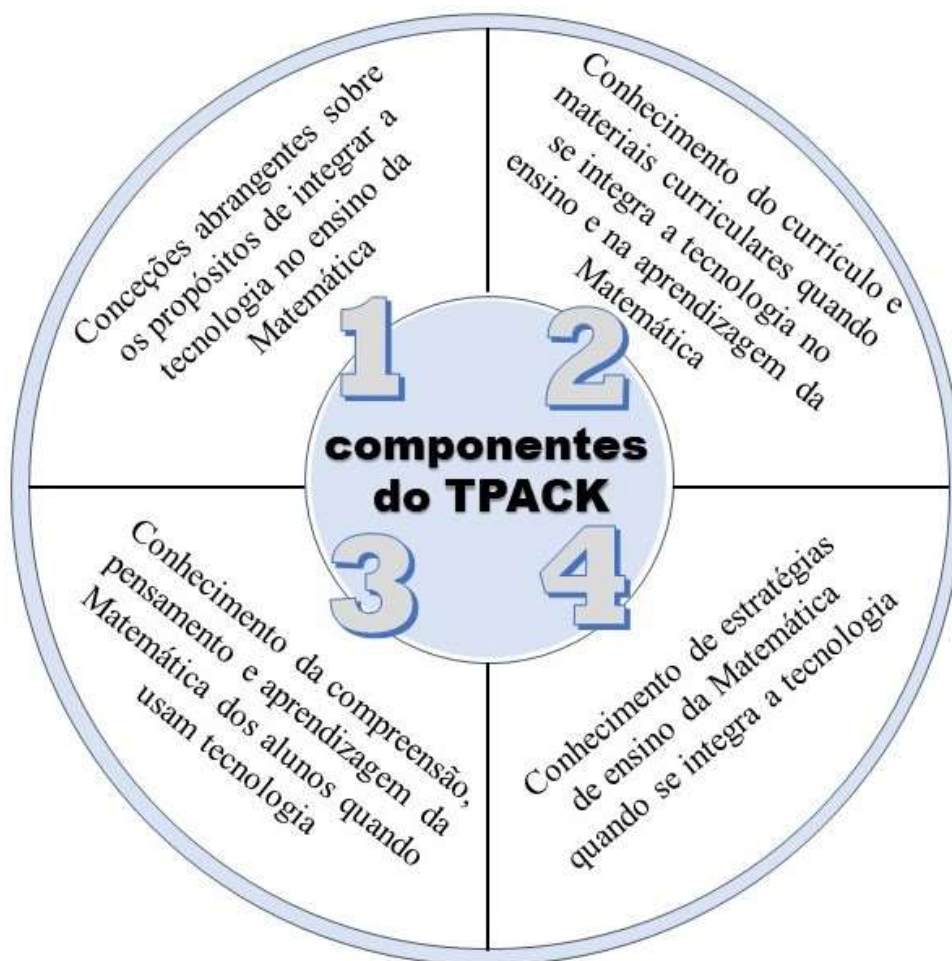


Figura 2.7. Componentes cognitivas do TPACK (Niess, 2005, 2012a)

Estas componentes são denominadas e caracterizadas pela autora do seguinte modo (Niess, 2012a):

- 1 ***Conceções abrangentes sobre os propósitos de integrar a tecnologia no ensino da Matemática.*** Envolve as conceções sobre o que significa ensinar conteúdos matemáticos com tecnologia. Estas conceções baseiam-se no “que o professor conhece e crê sobre a natureza da Matemática, o que é importante para os alunos aprenderem e como a tecnologia suporta a aprendizagem de conteúdos matemáticos” (Niess, 2012a, p. 318). Para a autora, o conhecimento e as conceções dos professores constituem a base para as decisões profissionais que eles tomam na sala de aula, portanto, as conceções amplas sobre os propósitos de integrar a tecnologia no ensino da Matemática direcionam os objetivos de aprendizagem, as estratégias de ensino, a própria implementação do currículo e da avaliação das aprendizagens.

- 2 *Conhecimento do currículo e materiais curriculares quando se integra a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.*** Consiste no conhecimento que os professores desenvolvem sobre a integração da tecnologia e o seu impacto no currículo. Por exemplo, o professor deve conhecer tecnologias específicas que fornecem aos seus alunos oportunidades de fazer conexões entre vários conteúdos curriculares ou entre várias representações de um mesmo conceito. Segundo a autora, este conhecimento “tem impacto sobre como os professores organizam, desenvolvem, estruturam e avaliam conceitos e processos num ambiente de tecnologia em todo o currículo” (Niess, 2012a, p. 321).
- 3 *Conhecimento da compreensão, pensamento e aprendizagem da Matemática dos alunos quando usam tecnologia.*** Os professores precisam de desenvolver um conhecimento sólido sobre os alunos, nomeadamente, conhecimento sobre a sua compreensão, pensamento e aprendizagem quando eles usam a tecnologia. Para isso, o professor deve ter conhecimento sobre a utilidade das tecnologias na aprendizagem de conteúdos matemáticos. Para a autora, este conhecimento “é fundamental no processo de tomada de decisões sobre a adequação de determinadas tecnologias digitais na orientação do pensamento e da aprendizagem dos alunos nas salas de aula de Matemática” (Niess, 2012a, p. 320).
- 4 *Conhecimento de estratégias de ensino da Matemática quando se integra a tecnologia.*** O professor de Matemática deve desenvolver conhecimento associado às estratégias para ensinar conteúdos matemáticos com tecnologia. Estas estratégias implicam a adaptação e incorporação de metodologias adequadas, de vários modos, para satisfazer metas específicas de ensino e as necessidades dos diversos alunos na sala de aula. A autora salienta como ponto de partida que a tecnologia não substitui o professor, pelo contrário, é responsabilidade dele conhecer e planificar estratégias de ensino específicas quando se integra a tecnologia

Essas quatro componentes sugerem que os professores atuais precisam mais do que simplesmente aprender sobre as tecnologias [...] O desenvolvimento do TPACK é, assim, colocado como um processo “construtivo e iterativo”, onde os professores precisam refletir e revisar cuidadosamente múltiplas experiências e eventos para ensinar seu conteúdo com tecnologias apropriadas baseado em seus conhecimentos e crenças (Niess, 2012b, p. 5, aspas no original).

Em termos gerais, mas sem pretender ser simples, o modelo teórico proposto por Mishra e Koehler (2006) define o TPACK como o conhecimento resultante da interseção entre o conhecimento do conteúdo, o conhecimento pedagógico e o conhecimento tecnológico. As contribuições de Niess (2005, 2012a, 2012b), por seu lado, pretendem descrever em que consiste a interseção destes conhecimentos necessários ao professor de Matemática, identificando e definindo quatro componentes cognitivas do TPACK. Estas componentes, por um lado apelam à prática profissional do professor de Matemática e, por outro lado, tornam mais tangível este conhecimento, quer para o professor, quer para o formador ou para o investigador. Em resumo, o modelo TPACK não consiste numa estrutura rígida e estática, mas sim numa estrutura relacional e dinâmica onde interferem diferentes domínios do conhecimento profissional do professor, pelo que Koehler et al. (2014) argumentam que

O *framework* do TPACK sugere que os professores precisam ter uma compreensão profunda de cada um dos componentes deste conhecimento, a fim de orquestrar e coordenar tecnologia, pedagogia e conteúdo para o ensino. Mais importante ainda, o TPACK é uma forma emergente de conhecimento que vai além do conhecimento do conteúdo, pedagógico e tecnológico tomados individualmente, mas que existe num relacionamento transaccional dinâmico (p. 102)

2.2.5. Síntese

Os quatro modelos teóricos aqui apresentados descrevem e caracterizam o conteúdo do conhecimento profissional do professor. Apesar das diferentes perspetivas, o modelo PCK parece ser uma base em que se suportam os outros modelos, não só porque o conhecimento pedagógico e o conhecimento do conteúdo constituem os dois domínios historicamente principais do conhecimento profissional do professor, como também porque a noção de PCK leva consigo a ideia de integrar e articular os diferentes domínios do conhecimento do professor.

Contudo, o PCK é considerado por alguns autores como um conhecimento estático e separado da prática profissional do professor. Pelo que surgem modelos como o conhecimento didático da matemática e o conhecimento matemático para ensinar que definem os domínios deste conhecimento profissional a partir dos aspetos que se referem à prática letiva, caracterizando o conhecimento do professor necessário para organizar atividades de ensino e aprendizagem.

O modelo TPACK é um *framework* dinâmico e flexível que é adequado para definir e caracterizar o tipo de conhecimento que um professor precisa desenvolver para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. As quatro componentes cognitivas do TPACK (Niess, 2012a), por um lado organizam a estrutura do modelo de Mishra e Koehler (2006) e, por outro lado, constituem as bases sobre o conteúdo que deve ser abordado para desenvolver o TPACK dos futuros professores de Matemática. Estas quatro componentes do TPACK partilham os princípios das quatro vertentes a partir das quais Ponte (2012) define o conhecimento didático, pelo que o TPACK é considerado como um conhecimento didático especializado. Assim sendo, o TPACK, produto da articulação entre a Matemática, a Pedagogia e a Tecnologia, define-se neste estudo como o conhecimento didático do professor e necessário para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática formado por quatro componentes: (i) concepções sobre a integração da tecnologia no ensino da Matemática, (ii) conhecimento do currículo quando se integra a tecnologia, (iii) conhecimento da aprendizagem matemática dos alunos quando usam tecnologia, e (iv) conhecimento de estratégias de ensino quando se integra a tecnologia.

2.3. Desenvolvimento e análise do conhecimento profissional do professor

2.3.1. Desenvolvimento do conhecimento profissional do professor

Alguns autores (Azcarate, 2004; Gómez, 2007; Llinares & Krainer, 2006; Ponte & Chapman, 2008; Niess, 2012a) têm refletido acerca de uma importante questão: como devem ser apoiados os professores, nomeadamente os futuros professores, para desenvolver significativamente o seu conhecimento profissional? A este respeito, Ponte e Chapman (2008) consideram que para responder a esta questão “não é simplesmente fornecer aos futuros professores mais matemática, mas é mais importante permitir-lhes compreender e reconstruir o que sabem com mais profundidade e significado” (p. 230). Isto é, os futuros professores precisam de estratégias de formação que considerem o conhecimento que eles já têm, permitindo aprofundá-lo e oferecendo oportunidades para gerar novo conhecimento.

O conhecimento profissional que o professor adquire é produto da sua aprendizagem e, por sua vez, essa aprendizagem é resultado das atividades nas quais

participa. Com respeito à aprendizagem, Llinares e Krainer (2006) consideram “a aprendizagem dos professores de Matemática como um processo de aprendizagem ao longo da vida, que começa com as próprias experiências do ensino da Matemática a partir da perspectiva de aluno, ou mesmo com atividades matemáticas antes da escolarização” (p. 429).

Quanto às atividades, podem ser de diferentes tipos e/ou natureza, mas alguns autores defendem que as atividades de natureza aberta, como as investigações, são as mais adequadas para promover o desenvolvimento do conhecimento profissional dos professores (Ponte & Chapman, 2008; Llinares & Krainer, 2006).

Presume-se que, se os professores-alunos (*teacher student*) aprendem Matemática através de experiências de investigação Matemática, estarão melhor equipados para usar estratégias de ensino desse tipo e podem mudar as suas atitudes sobre o que significa aprender Matemática (Llinares & Krainer, 2006, p. 433).

Ponte e Chapman (2008) investigam diferentes tipos de atividades de aprendizagens efetivas que buscam facilitar o desenvolvimento do seu conhecimento profissional e refletem sobre cinco abordagens: (i) o uso de atividades autênticas de investigação; (ii) explicações sobre o ensino de conteúdos específicos, que envolve a elaboração e discussão de diferentes explicações para um conceito matemático; (iii) atividades de auto-reflexão e investigação de conceitos e processos matemáticos; (iv) o uso da tecnologia para explorar os conceitos matemáticos; e (v) o uso de mapas conceituais.

Neste mesmo estudo, os autores identificam dois temas centrais nestas abordagens: a reflexão e a integração de conteúdo e pedagogia. Para eles “enquanto o tema da reflexão se concentra na autocompreensão, o tema da integração de conteúdo e pedagogia centra-se em formas de desenvolver novas compreensões do ensino da Matemática” (Ponte & Chapman, 2008, p. 238). Para Llinares e Krainer (2006) “a reflexão é um meio para que os professores continuem a aprender sobre o ensino e sobre eles mesmos como professores” (p. 442). Esta reflexão feita pelos professores pode ser focada na aprendizagem dos alunos, na sua prática ou futura prática profissional, na resolução de tarefas de aprendizagem, na natureza das Matemáticas, ou focada neles próprios. Desta forma, os processos de reflexão constituem espaços ricos para desenvolver o conhecimento profissional do professor. Quando esta reflexão acontece durante a partilha e discussão com outros colegas o impacto é ainda mais significativo, na medida em que os professores estão ativamente envolvidos “em reflexões sobre a aprendizagem da

Matemática dos alunos e em momentos de partilha das suas experiências com os seus colegas, [os futuros professores] têm um impacto positivo no seu conhecimento e nas suas crenças” (Llinares & Krainer, 2006, p. 434).

A articulação entre conteúdo e pedagogia pode ter lugar numa disciplina, focando questões de conteúdo e de ensino, através de diferentes tipos de experiências/contextos ou através do *princípio do isomorfismo*, isto é “a ideia de que os futuros professores devem ser ensinados da mesma forma que se espera que eles ensinem mais tarde como professores” (Ponte & Chapman, 2008, p. 238). A este respeito, Llinares e Krainer (2006) argumentam que “essas primeiras experiências têm um impacto profundo e duradouro na formação dos professores” pois “os professores tendem a ensinar da maneira como foram ensinados” (p. 429, aspas no original).

Em resumo, Ponte e Chapman (2008) identificaram que os futuros professores devem ser envolvidos (i) em abordagens exploratórias que fomentem a discussão, a argumentação, a formulação de conjecturas, o teste e validação de resultados; (ii) na reflexão, comunicação e discussão de ideias matemáticas com os seus colegas e professores; e (iii) na análise do trabalho do professor na planificação de situações de ensino e aprendizagem, que inclui a elaboração de tarefas e planos de aula.

O desenvolvimento do TPACK, como conhecimento profissional do professor, segue as mesmas linhas e abordagens descritas nos parágrafos anteriores. Particularmente, o desenvolvimento do TPACK tem-se consolidado como uma importante área de investigação devido às suas implicações significativas na formação (inicial e contínua) de professores (Archambault, 2016; Koehler, Shin & Mishra, 2012, Koehler et al., 2014; Niess, 2012a), devido a que o TPACK se tem constituído como “uma área vibrante de investigação, indicada tanto pelo número de estudos nessa área quanto pela variedade de abordagens metodológicas usadas para estudar o seu desenvolvimento” (Koehler et al., 2012, p. 23).

Por exemplo, no estudo realizado por Niess, Ronau, Shafer, Driskell, Harper, Johnston, Browning, Özgün-Koca, & Kersaint (2009) formularam-se quatro indicadores de desenvolvimento do TPACK, que ajudam a enquadrar o perfil de um professor de Matemática que tenha desenvolvido o seu TPACK:

- i. *Elabora e implementa ambientes e experiências de aprendizagem da era digital*: os professores planificam e desenvolvem ambientes e experiências de aprendizagem

autênticos que integram ferramentas e recursos tecnológicos adequados para otimizar a aprendizagem Matemática.

- ii. *Ensino, aprendizagem e currículo da Matemática*: os professores elaboram e implementam planos curriculares que incluem métodos e estratégias para a aplicação de tecnologias adequadas para promover a aprendizagem e a criatividade dos alunos em Matemática.
- iii. *Avaliação e medição*: os professores aplicam a tecnologia para facilitar uma variedade de estratégias eficazes de avaliação das aprendizagens dos alunos.
- iv. *Produtividade e prática profissional*: os professores usam tecnologia para melhorar a sua produtividade e a sua prática profissional.

Segundo Koehler et al. (2014), na literatura têm surgido várias abordagens de desenvolvimento profissional que pretendem ajudar os professores e futuros professores a desenvolver o seu TPACK, estes autores classificam estas abordagens em três possíveis caminhos (Figura 2.8): (i) do PCK ao TPACK, (ii) do TPK ao TPACK, e (iii) PCK e TPACK em simultâneo. Os autores salientam que estes caminhos não são necessariamente disjuntos, pelo contrário, existe alguma superposição entre estas diferentes abordagens.

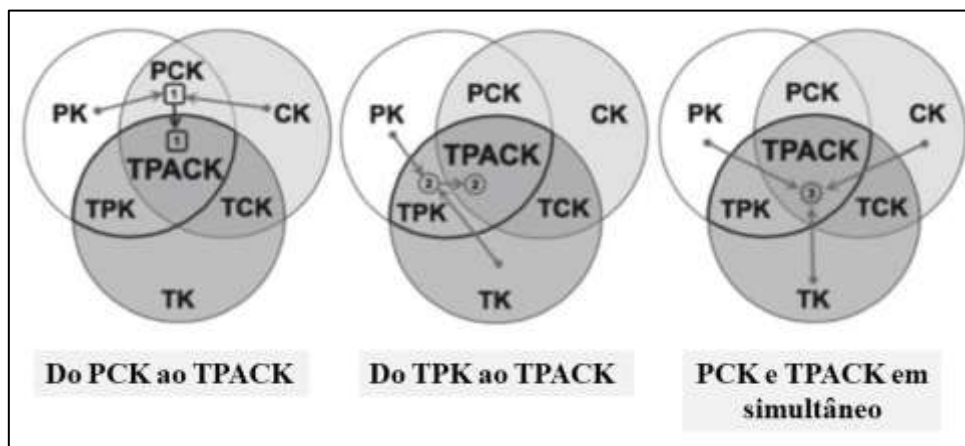


Figura 2.8. Caminhos para desenvolver o TPACK (Koehler et al., 2014, p. 106)

- i. *Do PCK ao TPACK*. Nesta abordagem, a tecnologia é introduzida como uma forma de apoiar e aprofundar as estratégias de ensino já estabelecidas e utilizadas pelo professor. Isto é, primeiro o professor desenvolve o PCK através de experiências que não envolvem o uso de tecnologia e mais tarde, o professor aprende como a tecnologia pode ser usada para aperfeiçoar as estratégias com as quais já está

familiarizado. Os autores salientam que uma das limitações deste caminho, especialmente para os professores em serviço, é o conjunto de concepções e crenças que o professor tem interiorizado sobre o ensino e aprendizagem de determinado conteúdo, o que limita a sua visão e disposição para experimentar novas estratégias apoiadas pela tecnologia

- ii. *Do TPK ao TPACK*. Esta abordagem usa-se quando um futuro professor participa numa disciplina de formação em tecnologia antes de desenvolver o PCK. Ou seja, o futuro professor participa de uma formação que visa cobrir amplamente a tecnologia em diferentes áreas, como o uso da *Web 2.0*, *software* e ferramentas digitais, mas não conhece ainda estratégias pedagógicas específicas para o ensino dos conteúdos. Deste modo, o primeiro passo neste caminho é desenvolver o TK e o TPK nas experiências iniciais, depois passando pelas disciplinas pedagógicas, o futuro professor desenvolve o PCK e expande o TPK em TPACK. Finalmente, os autores salientam que “esta abordagem é a “abordagem padrão” na maioria das instituições de ensino superior. A tecnologia é relegada para algumas disciplinas, os professores são encaminhados para frequentar essas disciplinas e aplicar o conhecimento adquirido às suas próprias áreas de conteúdo” (Koehler et al., 2014, p. 107, aspas no original).
- iii. *PCK e TPACK em simultâneo*. Num contexto de formação inicial de professores, este caminho consiste em integrar sistematicamente a tecnologia nas disciplinas de metodologia, pedagogia ou didática do campo específico do conteúdo. Isto é, um programa de formação de professores que segue esta abordagem, pode não ter uma disciplina específica de tecnologia, mas sim promover o uso da tecnologia para ensinar conteúdos nas diferentes disciplinas de metodologia e didática da sua respetiva área profissional. Assim os futuros professores estarão desenvolvendo o seu PCK e o seu TPACK simultaneamente. Segundo os autores, um dos desafios que se levanta nesta abordagem é a carga cognitiva à qual os futuros professores estão expostos quando tentam desenvolver simultaneamente conhecimentos associados aos domínios pedagógico, do conteúdo e tecnológico.

Num outro estudo, Mouza (2016) identificou, a partir de uma revisão de literatura, três caminhos que têm sido seguidos pelos programas de formação para desenvolver o TPACK dos futuros professores: (i) através de uma disciplina de formação em tecnologia;

(ii) através de estratégias sobre o uso da tecnologia no ensino e na aprendizagem de conteúdos específicos inseridas numa disciplina de tecnologia, didática ou metodologia; e (iii) através de estratégias sobre o uso da tecnologia no ensino e na aprendizagem dos conteúdos implementadas no contexto de todo o programa de formação inicial.

2.3.2. Análise do conhecimento profissional do professor: o caso do TPACK

Com o propósito de consolidar o TPACK como modelo de conhecimento profissional do professor, vários métodos diferentes, tanto quantitativos como qualitativos, foram propostos para analisá-lo, nomeadamente para verificar se professores ou futuros professores tinham desenvolvido o seu TPACK. No trabalho de Koehler et al. (2012) examinaram 141 publicações de natureza científica que referiam estudos empíricos sobre o TPACK e identificaram que foi analisado utilizando cinco métodos diferentes: inquéritos de auto-avaliação, inquéritos abertos, avaliações de desempenho, entrevistas e observações.

- i. *Inquéritos de auto-avaliação.* É um dos métodos mais usado para analisar o TPACK dos participantes. Trata-se de um pedido que se efetua aos participantes através de um conjunto de questões que eles respondem para avaliar o grau em que concordam com uma determinada declaração sobre o uso da tecnologia no ensino e na aprendizagem. Por exemplo, com a intenção de analisar o TPACK dos professores de forma quantitativa, Schmidt, Barn, Thompson, Koehler, Mishra e Shin (2009) assumiram a tarefa de desenvolver e validar um instrumento – um questionário – para reunir domínios sobre os conhecimentos dos professores em relação ao seu TPACK. Este questionário tem sido usado em vários estudos e contextos (Agyei & Voogt, 2012; Lee & Kim, 2014; Henriques & Gutiérrez-Fallas, 2017).
- ii. *Inquéritos abertos.* São questionários abertos que solicitam aos participantes responder a um conjunto de indicações previamente preparadas pelos investigadores.
- iii. *Avaliações de desempenho.* Consiste na avaliação do TPACK dos participantes a partir da examinação direta do seu desempenho em determinadas tarefas reais, complexas e autênticas que tenham sido previamente preparadas. Os investigadores podem avaliar o desempenho dos seus participantes ao concluir uma tarefa, nomeadamente através do produto resultante da realização da tarefa.
- iv. *Entrevistas.* Trata-se de um conjunto de perguntas orais feitas pelo entrevistador e as respetivas respostas também orais do entrevistado. Podem ser gravadas em vídeo,

áudio ou notas de campo, que depois de ser transcritas, o investigador pode analisar sistematicamente.

- v. *Observações.* As observações são realizadas num conjunto de aulas ou sessões com o propósito de examinar como os níveis de TPACK dos participantes mudam durante um certo período de tempo, podem ser registadas em vídeo ou notas de campo. Os autores salientam que este é um dos principais métodos usados nos diferentes estudos para avaliar o TPACK de professores em serviço.

Para Archambault (2016) “investigar um complexo *framework* como o TPACK requer um conjunto extenso de técnicas e ferramentas de investigação, particularmente quando examinamos a sua aplicação na sala de aula e a sua implementação nos programas de formação de professores” (p. 66). No que diz respeito a analisar qualitativamente o TPACK dos professores, a autora fez uma revisão de literatura e organizou em três categorias os métodos mais frequentes que têm sido usados para analisar e avaliar qualitativamente o TPACK: avaliação baseada no desempenho; através de entrevistas; e usando ferramentas de observação.

- i. *Avaliação baseada no desempenho.* Este método foca-se na avaliação da integração da tecnologia nos planos de aula, por exemplo, no método para avaliar o TPACK no desempenho dos professores (ou futuros professores) a partir da elaboração de planos de aula, Harris, Grandgenett e Hofer (2010) desenvolveram uma rubrica (*Technology Integration Assessment Rubric*) para avaliar a integração da tecnologia nos planos de aula. Também envolve a análise do TPACK através da examinação da preparação, planificação e implementação de tarefas e/ou atividades de aprendizagem. Para a autora, “a planificação dos professores, as ações de ensino, as interações com os alunos, e as reflexões, podem ser examinadas para determinar a natureza e amplitude do seu TPACK” (Archambault, 2016, p. 68).
- ii. *Entrevistas.* Podem realizar-se entrevistas abertas ou semi-estruturadas, de forma individual ou em grupos focais. Os seus resultados podem triangular-se com resultados obtidos noutros métodos como questionários, observações ou o desempenho dos participantes, pois em estudos qualitativos que medem o TPACK “[as entrevistas] oferecem um excelente mecanismo para a triangulação de dados ou para a validação de um instrumento, particularmente quando se analisam planos de

aula e exploram-se os processos e raciocínios dos professores por trás da suas decisões de ensino” (Archambault, 2016, p. 80).

- iii. *Ferramentas de observação*. Para responder aos desafios inerentes do uso de instrumentos de auto-avaliação, como os questionários, os investigadores têm trabalhado em desenvolver e validar rúbricas focadas na observação de aulas que ajudem a analisar o TPACK evidenciado na prática de ensino do professor. Para a autora a “observação é um método extremadamente útil para documentar que está a acontecer na sala de aula” (Archambault, 2016, p. 80).

Uma variedade de ideias e resultados podem obter-se a partir da análise e avaliação do TPACK usando método qualitativo, pois os “métodos qualitativos e as práticas reflexivas serão essenciais na busca de desenvolver professores que compreendam e possam usar as tecnologias para transformar o conteúdo e para construir a compreensão do aluno” (Archambault, 2016, p. 84).

Deste modo, nota-se que a investigação tem realizado esforços consideráveis para estabelecer formas de desenvolver e analisar o TPACK dos professores e futuros professores. Numa outra perspetiva, com o propósito de guiar, analisar e avaliar o desenvolvimento do TPACK, Niess et al. (2009) propõem o *Modelo de Desenvolvimento do TPACK do Professor de Matemática*. Este modelo descreve um processo sequencial, não necessariamente linear, de crescimento de cinco níveis para a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática:

- 1 **Reconhecer** (conhecimento): quando os professores são capazes de usar a tecnologia e reconhecer o seu alinhamento com o conteúdo matemático, mas ainda não integram a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.
- 2 **Aceitar** (persuasão): quando os professores formam uma atitude favorável ou desfavorável em relação ao ensino e à aprendizagem da Matemática com tecnologia.
- 3 **Adaptar** (decisão): quando os professores se envolvem em atividades que os levam à decisão de adotar ou rejeitar o ensino e a aprendizagem da Matemática com tecnologia.
- 4 **Explorar** (implementação): quando os professores consistentemente exploram o uso da tecnologia para ensinar conteúdos matemáticos e integram ativamente a tecnologia como ferramentas de aprendizagem, ao ensinar e aprender conteúdos matemáticos.

- 5 **Avançar** (confirmação): quando os professores avaliam a compreensão dos alunos usando a tecnologia como uma ferramenta matemática e apoiam ativamente a decisão de integrar a tecnologia no ensino e na aprendizagem de conteúdos matemáticos.

A Figura 2.9 mostra uma descrição visual dos níveis acima descritos, em que os professores se envolvem à medida que desenvolvem o seu conhecimento e compreensão dos modos de integrar as múltiplas dimensões do conhecimento – conteúdo, pedagogia e tecnologia. O conhecimento descrito como TPACK, caracterizado por permitir o envolvimento ativo dos professores na orientação da aprendizagem dos seus alunos com tecnologia, emerge à medida que o conhecimento da tecnologia se amplia e começa a integrar-se com o conhecimento didático, resultante da interseção de pedagogia e conteúdo (Niess et al., 2009).

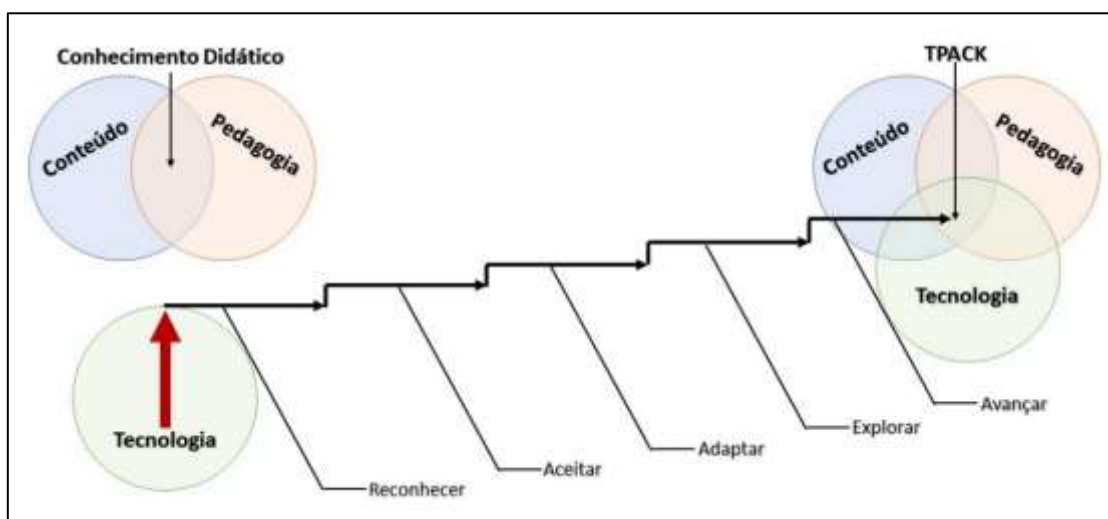


Figura 2.9. Descrição visual dos níveis de integração da tecnologia (adaptada de Niess et al., 2009, p. 10)

Posteriormente, Niess (2013) articulou este modelo dos cinco níveis com as quatro componentes cognitivas do TPACK (Niess, 2005, 2012a), baseadas num estudo de caso interpretativo, onde participaram um total de 32 professores em serviço, conduzidos ao longo de um período de 3 anos; a autora identificou descritores que se ajustam com as quatro componentes principais do TPACK e que permitiram determinar os níveis do conhecimento dos professores ao integrar folhas de cálculo como ferramentas de aprendizagem na Matemática. Este estudo visava orientar o desenvolvimento do TPACK, nomeadamente envolvendo os professores em atividades de planeamento, implementação e reflexão de aulas que integram a tecnologia como recurso para apoiar a aprendizagem dos alunos. A principal questão que orientou a investigação foi: “Que descritores das

quatro componentes centrais do TPACK ilustram o desenvolvimento do conhecimento dos professores de Matemática para integrar folhas de cálculo como ferramentas de aprendizagem da Matemática nos níveis de reconhecer, aceitar, adaptar, explorar e avançar?” (Niess, 2013, p. 178).

Os resultados deste estudo revelam que os níveis iniciais— *reconhecer* e *aceitar* — indicam que há pouca articulação entre o conhecimento do conteúdo e o conhecimento tecnológico, isto é, pouco desenvolvimento do TCK dos professores, o que leva aos professores a apostar mais no controlo da aula do que na orientação adequada dos seus alunos para usar as tecnologias como apoio da sua aprendizagem. Segundo a autora, isto deve-se ao facto de que os professores estão perante tecnologias que eles próprios não usaram para aprender o conteúdo. No nível de *adaptar*, o conhecimento dos professores mostra uma progressão em direção à consolidação dos seus TCK e TPK, mas ainda mantêm algumas preocupações com o gerenciamento da sala de aula, que se sobrepõem à integração efetiva da tecnologia como uma ferramenta de aprendizagem; e também os professores manifestaram dificuldades em identificar tópicos específicos de seu currículo para integrar a tecnologia. Finalmente, os professores nos níveis de *explorar* e *avançar* demonstraram mais disposição para incorporar a tecnologia no ensino e na aprendizagem do conteúdo, as decisões e abordagens de ensino, centradas cada vez mais no aluno, evidenciaram um progresso significativo na transformação de seu PCK, TCK e TPK em TPACK. Para a autora, “os resultados deste estudo fornecem algumas generalizações e alguns descritores que podem ser formulados para diferentes tecnologias, diferentes conteúdos e diferentes pedagogias” (Niess, 2013, p. 193).

Outro contexto no qual foi utilizado o modelo dos cinco níveis que permitem analisar o TPACK à luz das suas quatro componentes cognitivas, foi o estudo realizado por Tatar, Aldemir e Niess (2018). Seguindo uma abordagem de estudo de caso qualitativo, no qual participaram três professores, o objetivo do estudo foi descrever o conhecimento dos professores de Matemática para ensinar Geometria Tridimensional. Os autores pretendiam, especificamente, “compreender os níveis do TPACK de professores de Matemática do ensino médio para integrar tecnologias no ensino de sólidos geométricos usando a perspectiva TPACK” (p. 116). A recolha de dados consistiu na elaboração e implementação de planos de aula e realização de entrevistas aos participantes. Enquanto que a análise de dados, consistiu na interpretação e organização

dos resultados a partir das quatro componentes do TPACK (Niess, 2005, 2012a) e a determinação de um dos níveis correspondente para cada uma dessas componentes. Não obstante, os autores tiveram algumas dificuldades na adaptação dos descritores dos níveis do TPACK, pelo que acrescentaram mais um nível ao modelo de Niess et al. (2009). Deste modo eles definiram o nível *pré-reconhecer* como aquele no qual o professor não tem nenhuma experiência prévia que o tenha levado a refletir sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem de algum conteúdo.

Os principais resultados deste estudo mostram que nas entrevistas os professores revelam algum conhecimento, ideias e concepções que se associam com os níveis reconhecer, aceitar e adaptar; no entanto, na análise dos planos de aula e na sua respetiva implementação, os três professores estavam no nível de pré-reconhecer; e ainda, não foram encontrados indícios do nível explorar e avançar. Segundo os autores, “os professores admitiram que não estavam cientes da tecnologia de *software* dinâmico de geometria 3D apropriada que poderia ser usada para ensinar sólidos e que ninguém ao redor usava essas tecnologias” (Tatar et al., 2018, p. 125).

Em conclusão, as quatro componentes centrais do TPACK (Niess, 2005, 2012a) fornecem uma direção para pensar sobre o *design*, desenvolvimento e análise de um programa de formação (inicial o contínua) de professores que vise desenvolver o TPACK, por conseguinte, “claramente, mais estudos são necessários para identificar as melhores maneiras de enquadrar os programas de formação de professores e futuros professores para o desenvolvimento de um conhecimento transformado para o ensino com tecnologias novas e emergentes” (Niess, 2013, p. 196).

2.3.3. Síntese

Os futuros professores precisam de estratégias de formação que considere o conhecimento que eles já têm, permitindo aprofundá-lo e oferecendo oportunidades para gerar novo conhecimento. Estas oportunidades devem ser orientadas dentro de uma abordagem metodológica de ensino exploratório e devem incluir tarefas de natureza aberta, como as investigações; espaços para a reflexão, partilha e discussão de resultados e conhecimentos; o uso de tecnologias de educação; elaboração de tarefas de aprendizagem e planos de aula. Nomeadamente, destacam-se os processos de reflexão, pois estes constituem espaços ricos para desenvolver o conhecimento profissional do

professor e quando esta reflexão acontece durante a partilha e discussão com outros colegas o impacto é ainda mais significativo.

Estes princípios também dirigem o desenvolvimento do TPACK, mas nomeadamente na formação de professores, a investigação revela que há vários caminhos ou abordagens diferenciadas para desenvolver o TPACK. Do mesmo modo, diversos estudos mostram os distintos métodos, quantitativos e qualitativos, que têm sido utilizados para analisar o TPACK dos professores. Tanto as estratégias de desenvolvimento como de análise buscam identificar melhores formas de enquadrar a formação inicial de professores visando a promoção de um ensino com tecnologias novas e emergentes.

CAPÍTULO 3

FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

A formação de professores de Matemática é mais difícil e complexa do que a Educação Matemática, porque abrange esta última. Da mesma forma, a investigação na formação de professores de Matemática é mais difícil e complexa do que a investigação na Educação Matemática (Simon, 2008, p. 27).

Este capítulo está estruturado em três seções. Na primeira seção apresentam-se diferentes princípios que têm orientado a formação inicial de professores, assim como também os fatores que influenciam esta formação e as orientações metodológicas mais comumente adotadas, em contexto de formação, no trabalho com os futuros professores. A segunda seção foca-se em fundamentar a integração da tecnologia na formação inicial de professores, considerando as normas e os modelos que têm surgido com o propósito de orientar o uso da tecnologia na formação inicial de professores. Finalmente, a terceira seção está centrada na apresentação de diferentes estudos que têm operacionalizado o *framework* do TPACK dentro da formação inicial de professores de Matemática e os seus principais resultados.

3.1. Princípios orientadores da formação inicial de professores

3.1.1. Formação inicial de professores: breve enquadramento.

O ensino é comumente considerado como uma profissão complexa e exigente que requer que o profissional, neste caso o professor, tenha uma vasta gama de conhecimentos e habilidades, as quais foram discutidas no capítulo anterior. Segundo Llinares (1998), “a

complexidade do conhecimento profissional do professor de Matemática e as múltiplas variáveis a considerar na sua prática, faz emergir um grande número de questões relativas aos processos de formação e aos processos de aprender a ensinar Matemática” (p. 117). Deste modo, a identificação de metas, alvos ou questões sobre a formação inicial de professores de Matemática é fundamental tanto para a formação efetiva do professor quanto para a investigação produtiva sobre a própria formação de professores (Simon, 2006).

Um problema permanente na Educação Matemática é como elaborar programas de formação de professores que influenciem a natureza e a qualidade da prática dos professores pois, segundo Hiebert et al. (2003), o ensino é uma prática cultural. De acordo com estes autores, os professores aprendem a ensinar, em parte, crescendo numa cultura na qual são aprendizes passivos durante 12 anos ou mais, enquanto são alunos da escola, e conseqüentemente “quando enfrentam os verdadeiros desafios da sala de aula, muitas vezes abandonam novas práticas e voltam aos métodos de ensino usados pelos seus professores” (Hiebert et al., 2003, p. 201). Além disso, há várias décadas que as investigações e orientações internacionais apelam para uma maior ênfase no ensino da Matemática que promova, entre outras coisas, o raciocínio matemático, a resolução de problemas e o uso da tecnologia. Este contexto exige mudanças para muitos professores, relacionadas com o ensino da Matemática, nas suas crenças, atitudes e conhecimentos (Swars et al., 2009). Por isso,

Essas mudanças devem começar durante os programas de formação de professores nos contextos das disciplinas de conteúdo matemático, de métodos de ensino da Matemática e de experiências de campo nas escolas. Conseqüentemente, mudanças nas crenças, atitudes e conhecimento nesses contextos precisam de ser identificadas, completamente compreendidas, adequadamente enfatizadas e rotineiramente medidas nas disciplinas como resultados importantes dos programas de formação de professores (Swars et al., 2009, p. 48).

Portanto, nas últimas décadas diferentes questões têm orientado os estudos no campo da formação inicial de professores, nomeadamente professores de Matemática. Por exemplo, Simon (2006) questiona “que entendimentos pedagógicos seriam focos úteis para a formação de professores de Matemática?” (p. 730). Já para Serrazina (2012), “que formação deve ter o professor para enfrentar todos os desafios que se lhe apresentam, é uma questão que tem merecido a atenção de muitos formadores e investigadores, e para a qual não existe uma resposta única” (p. 267).

Uma forma de responder a estas questões, é através da caracterização do que é a formação inicial de professores. Segundo Flores (1998) a formação inicial de professores de Matemática é um processo que resulta de um sistema didático constituído por três elementos ativos (Figura 3.1): o conhecimento profissional do professor, o professor em formação (como aluno deste sistema) e o formador de professores.

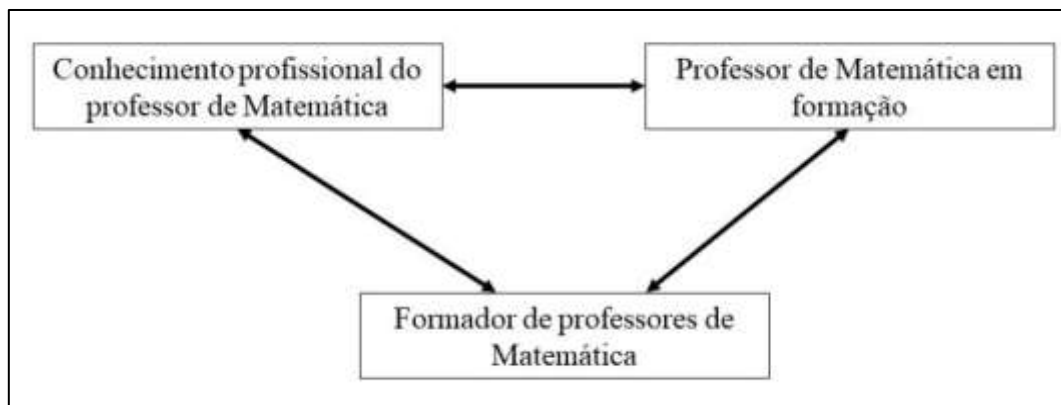


Figura 3.1. Sistema didático da formação inicial de professores de Matemática (Flores, 1998)

Este sistema didático caracteriza-se pela interação entre estes três elementos, na qual o professor de Matemática em formação tem acesso ao conhecimento profissional que deverá desenvolver através do seu formador. Neste contexto Flores (1998) sugere que o futuro professor tem uma experiência única no seu processo de formação, na medida em que este processo não só oferece o conhecimento profissional que deverá ser aprendido pelos formandos, mas também o como esse conhecimento pode ser ensinado na sua futura prática profissional.

Semelhantemente, Liljedahl et al. (2009) partilham as ideias de que a formação inicial de professor oferece aos futuros professores não só o *quê* (conhecimento profissional), se não também o *como* (formas de apresentar este conhecimento pelo formador), argumentando que “o que eles [os futuros professores] estão a aprender também é como eles o estão a aprender” (p. 29). Na perspetiva destes autores, os formandos têm um duplo papel durante a sua formação inicial: *como alunos* e *como professores*. Como alunos, eles têm a oportunidade de adquirir o conhecimento que precisarão para ensinar e, como professores, a partir das experiências formativas, eles têm a oportunidade de refletir e reformular as suas conceções sobre o que significa ser um professor, o que significa aprender e ensinar um conteúdo específico. Assim, “através deste processo de reformulação, eles [os futuros professores] começam a formar uma

identidade de quem eles são como professores e que é o que ensinam” (Liljedahl et al., 2009, p. 29).

Finalmente, estes autores concluem que “a formação inicial de professores pode ser vista como o início de uma trança” (Liljedahl et al., 2009, p. 30). Isto é, inicialmente as diferentes dimensões do conhecimento do professor são representadas por vertentes individuais e discretas (*conhecimento discreto*) e, à medida que a formação dos futuros professores progride, estas vertentes são entrelaçadas para formar uma experiência mais apertada (*conhecimento integrado*), embora ainda se distingam essas vertentes umas das outras. Até que, em circunstâncias ideais, esta trança se aperta no final da experiência inicial do professor para formar uma fibra unificada (*conhecimento unificado*), cujo produto final é o conhecimento do professor necessário para o ensino (Figura 3.2).

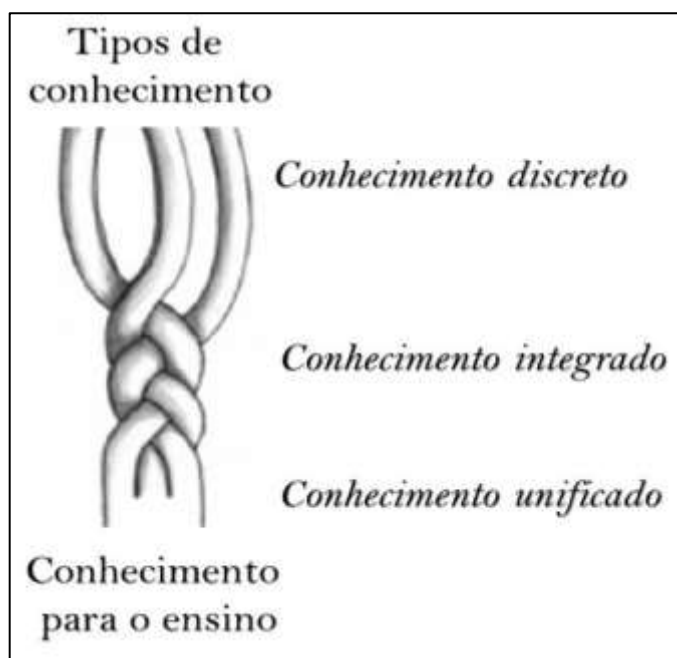


Figura 3.2. Formação inicial de professores (Liljedahl et al., 2009, p. 31)

Embora o processo de formação de professores se desenvolva ao longo de todo o seu percurso profissional, este processo de unificação do conhecimento, que resulta no conhecimento para o ensino, é produto das experiências iniciais vivenciadas pelo futuro professor no seu programa de formação, pois se “inicia nos primeiros anos, quando o professor recebe determinada preparação institucionalizada, que o dota de ferramentas – no melhor dos casos – que o habilitam para iniciar a sua tarefa profissional” (Martinez, Leite & Monteiro, 2015, p. 25).

Não obstante, uma das limitações que a formação inicial de professores tem é a falta de uma base de conhecimento amplamente compartilhada para o ensino e a formação de professores (Hiebert et al., 2003), isto é, os futuros professores não conseguem consultar uma fonte comum de conhecimento que lhes permita começar onde os seus antecessores pararam, por isso, comumente “eles geralmente começam de novo, desenvolvendo métodos de ensino que funcionaram para eles” (Hiebert et al., 2003, p. 202). Neste sentido, Azcárate (2004) argumenta que ainda que não exista um único referente teórico em relação à formação inicial dos professores, na formação e na investigação assume-se a perspetiva do professor como um profissional reflexivo, crítico e investigador.

Diante desses factos, Hiebert et al. (2003) concluem que não é possível sustentar de forma completa e acabada, durante um programa de formação inicial de professores, o conhecimento, as competências, as habilidades e as disposições que os professores precisarão para se tornarem professores de Matemática especialistas quando entrarem na sala de aula. Portanto, “os programas de formação inicial de professores podem ser mais eficazes, concentrando-se em ajudar os futuros professores a adquirir as ferramentas necessárias para aprender a ensinar, em vez das competências acabadas de um ensino eficaz” (Hiebert et al., 2003, p. 202), ou seja, os programas de formação devem dar prioridade a equipar os futuros professores de instrumentos e experiências, sejam estas de natureza teórica ou prática, que os capacite para exercer eficientemente a sua prática profissional, refletir sobre essa prática e buscar as formas para melhorá-la.

3.1.2. Princípios orientadores da formação inicial de professores

São vários os autores que têm proposto princípios e modelos que orientam o *design* dos programas de formação inicial de professores como, por exemplo, o modelo de Hiebert et al. (2003), o qual se baseia em duas metas de aprendizagem primárias e abrangentes para os futuros professores:

- i. *Tornar-se matematicamente proficiente.* A proficiência matemática é a aquisição simultânea e integrada de cinco tipos de competências matemáticas ou “vertentes”: compreensão conceitual, fluência procedimental, competência estratégica, raciocínio adaptativo e disposição produtiva. Para os autores o conceito de proficiência matemática carrega consigo a noção de que o sucesso em Matemática é alcançado fazendo progresso ao longo de cada uma das cinco vertentes, em vez de dominar completamente qualquer vertente de forma individual. Assim, num programa de

formação de professores, os tópicos matemáticos dos currículos escolares, o estudo do pensamento dos alunos da escola e as maneiras pelas quais eles podem revelar proficiência matemática (ou a sua ausência), e como essa proficiência se desenvolve na escola, devem ser aspetos a estudar à luz das cinco vertentes.

- ii. *Preparar-se para aprender a ensinar para proficiência em Matemática.* Aprender a ensinar não é uma tarefa fácil, por isso torna-se essencial que os futuros professores saibam aprender a ensinar com eficácia crescente ao longo do tempo, isto é, valorizar a importância de usar a proficiência matemática como padrão para medir a própria eficácia do ensino. Portanto, os autores argumentam que os programas de formação devem equipar os futuros professores com ferramentas que os ajudem a aprender com suas próprias experiências e assim conseguirem definir métodos mais eficazes ao longo de sua carreira profissional. Para atingir este objetivo, os programas devem oferecer experiências de campo que aproximem os futuros professores à realidade da sala de aula.

Os autores acreditam que “alcançar essas metas proporcionará aos futuros professores as ferramentas necessárias para que se tornem professores de Matemática cada vez mais eficientes à medida que se vão integrando na sala de aula” (Hiebert et al., 2003, p. 202).

Numa outra perspectiva, Llinares (2007) discute sobre o facto de que os programas de formação de professores de Matemática devem aproximar os futuros professores às práticas profissionais de professores em serviço. Para isto, o autor expõe três situações-problema a considerar na formação inicial de professores de Matemática:

- i. *Problematizar os conteúdos matemáticos* como objetos de ensino e aprendizagem através da resolução de problemas matemáticos.
- ii. *Problematizar a aprendizagem da Matemática* dos alunos através da interpretação de procedimentos e estratégias usadas pelos alunos quando resolvem tarefas.
- iii. *Problematizar as situações de ensino e gestão de aula* através da reflexão sobre como os alunos aprendem e como o professor gere o ambiente na sala de aula.

Associado à ideia de aproximar os futuros professores com a realidade da sua prática profissional, Ponte (2014) faz uma discussão sobre o processo de formação de professores de Matemática e o processo do seu desenvolvimento profissional, pretendendo aproximar, mas também diferenciar cada um destes processos. Para o autor

a formação representa um movimento de “fora para dentro” – do curso e do formador para o formando (visto como um objeto), enquanto o desenvolvimento profissional é de “dentro para fora” – do professor em formação (tratado como sujeito) para o contexto onde está inserido. Nesta perspetiva, “podemos dizer que a formação tende a partir da teoria e frequentemente não chega a sair da teoria e o desenvolvimento profissional tende a considerar a teoria e a prática de forma integrada” (Ponte, 2014, p. 346). Assim, “o problema-chave da formação de professores de Matemática é a construção de dispositivos de formação que proporcionem um efetivo desenvolvimento dos professores envolvidos” (Ponte, 2014, p. 354).

Neste contexto, Ponte (2014) define os *dispositivos de formação para professores de Matemática* como aqueles instrumentos formativos que articulam os processos de desenvolvimento profissional e os processos formativos da didática. Portanto, o autor propõe sete ideias fundamentais com a intenção de orientar a construção destes dispositivos de formação (quer na formação inicial quer na formação contínua) e definir a estrutura dos programas de formação de professores de Matemática.

- 1 *Colaboração*: consiste em assumir objetivos comuns para serem atingidos num contexto de trabalho racional mediado pela confiança pessoal, onde todos têm algo a ensinar e a aprender.
- 2 *Prática como ponto de partida da formação*: implica ter como ponto de partida experiências, registos ou artefactos relacionados com a prática profissional do professor e que este conhecimento seja mobilizado como recursos.
- 3 *Foco na aprendizagem do aluno*: as tarefas que integram um dispositivo de formação devem ter em conta o que os formandos efetivamente sabem e o que são capazes de compreender.
- 4 *Integração entre conteúdo e pedagogia*: as tarefas e atividades desenvolvidas pelos formandos devem de articular o conhecimento do conteúdo com o conhecimento pedagógico, tendo em conta que “um aspeto importante de uma agenda de investigação nesta área é compreender como inserir esta preocupação de articulação entre pedagogia e conteúdo nas tarefas e nos modos de trabalho da formação” (Ponte, 2014, p. 351)

- 5 *Investigação profissional*: a formação de professores deveria promover a realização de pequenas investigações sobre a prática de ensino, a própria e a de outros professores.
- 6 *Mudança nos contextos profissionais*: esta mudança consiste em que “em vez de assumir uma cultura de adaptação e de seguimento passivo dos manuais, o futuro professor e o professor em serviço devem ser estimulados a assumir uma cultura profissional de empenhamento na produção e crítica de materiais” (Ponte, 2014, p. 353).
- 7 *Tecnologias e uso de recursos*: os dispositivos de formação deveriam promover o conhecimento de tecnologias e a sua utilidade que permitem ao professor construir os seus próprios recursos, para servirem de base a situações de aprendizagem dos seus alunos.

Para White et al. (2013) seja qual for o modelo ou princípios que orientem os programas de formação inicial de professores, estes programas são influenciados por fatores como pressões e iniciativas da investigação internacional, nacional ou local; as características do contexto onde se situa o programa; e o momento determinado no tempo no qual se desenvolve o programa.

3.1.3. Elementos que influenciam a formação inicial de professores

Tal como foi referido anteriormente, a formação inicial de professores é comumente reconhecida como um processo de *aprender a ensinar*, mas segundo alguns autores, este processo pode ser influenciado por vários fatores: “há muitos fatores que influenciam o que os professores podem fazer nos contextos educacionais em que trabalham” (White et al., 2013, p. 396). Desta forma, segundo a revisão bibliográfica aqui apresentada, são quatro os elementos principais que influenciam a formação inicial de professores: (i) o conhecimento profissional que os futuros professores desenvolvem no seu programa de formação; (ii) os processos de reflexão da sua futura prática profissional e das diferentes tarefas que realizam; (iii) as conceções e crenças que os futuros professores têm sobre o ensino e a aprendizagem da Matemática; e (iv) o contexto da sua futura prática profissional (Flores, 1998, Liljedahl et al., 2009; Llinares, 1998; Ponte & Chapman, 2008; Simon, 2006; Swars et al., 2009).

Em relação ao desenvolvimento do *conhecimento profissional* durante o curso de formação, vários aspetos têm sido alvo de investigação como por exemplo a natureza

deste conhecimento, a sua estrutura, domínios ou conteúdos que o integram, assim como as abordagens para o desenvolver (conforme já referido no capítulo 2). Uma prioridade para os programas de formação inicial de professores é a necessária articulação entre os diferentes domínios do conhecimento profissional do professor através de tarefas que visem a integração e transformação desse conhecimento de forma coerente e sistemática (Llinares, 2007).

No que diz respeito aos *processos de reflexão*, vários autores têm definido a ação de refletir. Para Dewey (1933) essa ação consiste numa melhor forma de pensar, mas para Oliveira e Serrazina (2002) é um processo que vai muito mais além de pensar ou comentar algo. Nomeadamente na formação inicial de professores, a reflexão permite aproximar a prática profissional aos futuros professores, respondendo assim à natureza teórico-prática do seu conhecimento profissional em desenvolvimento. Portanto consiste numa estratégia importante e significativa na formação inicial de professores (Llinares & Krainer, 2006; Ponte & Chapman, 2008). Nesta perspetiva, Jackson et al. (2018) definem quatro aspetos a considerar nos programas de formação inicial de professores para promover os processos de reflexão: (i) oportunidades planeadas que procurem incentivar a reflexão; (ii) reflexão estruturada e extensiva ao longo da experiência de formação; (iii) reflexão crítica sobre práticas educacionais atuais e seu próprio ensino; e (iv) discussões reflexivas em atividades de aprendizagem.

As *concepções e crenças* que os formandos têm, constituem um fator, muitas vezes decisivo, que influencia o processo de ensino e aprendizagem. Alguns autores consideram que as concepções de um professor se referem aos significados, conceitos, proposições, regras e imagens que integram a sua estrutura mental (Thompson, 1992), pelo que são de natureza cognitiva e formam parte do seu conhecimento (Ponte, 1994). Em concreto, “as concepções são elementos de natureza essencialmente cognitiva, que se formam em resultado de processos simultaneamente individuais e sociais, resultantes da interação de cada indivíduo com a realidade onde está inserido” (Santos et al., 2008, p. 35). Para Swars et al. (2009) as concepções e crenças dos futuros professores são influentes no quê e no como eles aprendem e devem ser alvo de mudança no processo de formação de professores. Os autores acrescentam, ainda, que “embora os futuros professores ingressem no programa de formação com crenças relativamente bem estabelecidas sobre

ensino e aprendizagem da Matemática, nossos resultados indicam que as características específicas do programa impactaram essas crenças” (p. 63).

Finalmente, o *contexto da sua futura prática profissional* constitui um fator que influencia a formação inicial de professores, na medida em que, enquanto contexto de profissionalização, “na formação de professores não basta pensar no que deve ser ensinado, é necessário também equacionar como o ensinar” (Serrazina, 2012, pp. 267-268). Deste modo, a formação inicial deve “proporcionar aos futuros professores oportunidades que lhes permitam compreender, apreciar e abraçar a complexidade da sua prática como uma base para o estudo em curso” (Ponte & Chapman, 2008, p. 256). Para atingir este objetivo, de acordo com Simon (2008), o formador de professores de Matemática deve: (i) articular modelos de ensino; (ii) identificar os princípios pedagógicos fundamentais; (iii) entender as concepções dos futuros professores; e (iv) promover o desenvolvimento dos futuros professores.

Além disto, as investigações sobre a formação inicial de professores, mostram que diversos autores defendem a ideia de que estas oportunidades de aprendizagem desde a formação inicial de professores devem estar associadas com a natureza prática do trabalho profissional do professor (Jackson et al., 2018; Llinares, 2007; Ponte, 2014). Para Azcárate (1999), a formação inicial, nomeadamente as disciplinas de Didática da Matemática, deve permitir aos futuros professores identificar e refletir sobre os problemas que o professor experimenta dia a dia na sua prática profissional. A autora sugere que isso seja concretizado através da resolução de tarefas e de atividades de formação, como por exemplo, a análise de estudos de casos específicos, a reflexão sobre o conhecimento de um determinado conteúdo matemático e o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos sobre esse tópico matemático a estudar, a elaboração e análise de planos de aula e a realização de experiências na sala de aula. Por esse motivo, Llinares (2007) salienta a necessidade de considerar as diferentes tarefas e atividades profissionais que definem a prática de ensinar Matemática como organizadores dos programas de formação inicial de professores. Torna-se então relevante saber: que tarefas e atividades profissionais serão estas?

Ao considerar o ensino da Matemática como uma prática profissional, o professor deve: “(i) ter presente o currículo de Matemática que tem de ensinar; (ii) identificar a matemática essencial e pertinente para trabalhar com os seus alunos naquele momento; e

(iii) exigir rigor matemático, no quê e no como” (Serrazina, 2012, p. 273). Consequentemente, de acordo com a autora, o professor deve ter, entre outras, capacidades para selecionar, adaptar e elaborar tarefas; ter uma visão crítica sobre os recursos que utiliza; pensar, planificar e implementar estratégias de ensino na sala de aula. A formação inicial de professores deve, portanto, permitir que os futuros professores desenvolvam estas e outras habilidades como observar, diagnosticar, planificar, avaliar e gerir (Llinares, 2007).

Nesta perspetiva, a realização de experiências voltadas para a sala de aula desde a formação inicial, possibilitam aos futuros professores oportunidades de aprendizagem e reflexão sobre a sua prática profissional relacionadas com as estratégias e metodologias de ensino (Hiebert et al., 2003; Llinares & Krainer, 2006). Segundo Jackson et al. (2018) as experiências de campo constituem a componente mais tradicional e icónica dos programas de formação de professores em qualquer disciplina:

Na maioria dos programas tradicionais de formação de professores, as experiências de campo são planeadas para socializar os futuros professores no ambiente escolar. Experiências de campo variam desde práticas breves, baseadas em observação, a estágios extensos e aprofundados que requerem prática adicional de conhecimento pedagógico sob supervisão de um professor experiente (Jackson et al., 2018, p.1).

Estes autores salientam alguns benefícios para os futuros professores que derivam das suas experiências de campo na sala de aula durante a sua formação inicial: incentivam o entusiasmo e a motivação dos futuros professores ao longo do seu percurso de formação, promovem a compreensão aprimorada e esclarecida das decisões de um professor na sala de aula, permitem que os futuros professores lidem com problemas reais da prática profissional, aproximam os futuros professores aos alunos, promovem a cooperação e coordenação entre professores (em formação, formador e supervisor), e envolvem os futuros professores em estratégias de ensino que foram planificadas, discutidas e implementadas na sala de aula (Jackson et al., 2018).

3.1.4. Síntese

A identificação e reconhecimento de metas, alvos e princípios da formação inicial de professores de Matemática é fundamental, tanto para a formação efetiva dos futuros professores, como para a investigação produtiva sobre o seu próprio processo de formação.

Embora não exista um único referencial teórico em relação aos princípios que orientam a formação inicial de professores, comumente é considerada como um processo no qual interatuam de forma ativa os elementos protagonistas do processo formativo, nomeadamente o formador, o conhecimento profissional e o próprio futuro professor, sendo a partir deste processo de formação que se espera que o futuro professor consiga unificar os diferentes domínios do conhecimento profissional necessários para o ensino.

Contudo, os programas de formação, para além de considerarem princípios que sustentem a formação inicial de professores, devem de ter em conta os elementos que a influenciam, direta ou indiretamente. Quatro destes elementos principais são: o conhecimento profissional, os processos de reflexão, as conceções e crenças que os futuros professores têm, e o contexto da sua futura prática profissional.

3.2 A integração da tecnologia na formação inicial de professores de Matemática

3.2.1. A formação inicial de professores no meio de um contexto tecnológico

A tecnologia é um dos elementos chave a ter em consideração na formação dos futuros professores. Ponte (2000) argumenta, em relação aos formandos, que “mais complicado do que aprender a usar este ou aquele programa, é encontrar formas produtivas e viáveis de integrar as TIC [Tecnologias de Informação e Comunicação] no processo de ensino-aprendizagem, no quadro dos currículos atuais e dentro dos condicionalismos existentes em cada escola” (p. 76). O autor salienta que a presença cada vez maior da tecnologia nos contextos educativos e o seu uso intensivo e multifacetado por parte dos agentes envolvidos produz vários efeitos: os professores vêm a sua responsabilidade aumentar, nomeadamente na organização das suas aulas e na integração da tecnologia no ensino; o professor está sempre a aprender, devido às constantes mudanças tecnológicas; começam a aparecer novas formas de interação entre os formandos e o formador, entre os formandos entre si, e entre os formandos e os elementos exteriores à comunidade educativa; começa a dar-se mais prioridade à pesquisa e à exploração, na procura de recursos interativos na Internet e consulta de material virtual; e a formação de professores sai da sala de aula e de uma metodologia discreta de trabalho, e passa a ter um desenvolvimento permanente no ciberespaço seguindo uma metodologia dinâmica e contínua.

Deste modo, no meio de uma sociedade que cada vez mais vinculada ao conhecimento tecnológico, os professores são “elementos insubstituíveis não só na promoção da aprendizagem, mas também no desenvolvimento de processos de integração que respondam aos desafios da diversidade e de métodos apropriados de utilização das novas tecnologias” (Nóvoa, 2007, p. 2). Espera-se, portanto, ainda que o professor integre a tecnologia na sala de aula de tal maneira que prepare aos seus alunos “para a sociedade de informação proporcionando-lhes a aquisição das novas competências que ela exige” (Estrela, 2014, p. 19).

Neste contexto a formação inicial de professores constitui um espaço importante para atender estas exigências sociais, a ter como ponto de partida que “uma formação de professores de qualidade contribuirá para melhorar a qualidade do ensino e, consequentemente, a qualidade das aprendizagens e dos resultados escolares dos alunos” (Flores, 2015, p. 192). Portanto, as TIC devem estar evidentemente destacadas no currículo da formação inicial de professores para preencher algumas lacunas entre os contextos escolares reais que o professor enfrenta no seu dia a dia nas salas de aula e a própria formação de professores (Krumsvik, 2014). Para este efeito, os programas de formação precisam ser planeados para orientar os futuros professores na aprendizagem sobre as novas tecnologias, sendo esta aprendizagem um processo para adquirir conhecimento tecnológico e articulá-lo com o conhecimento didático considerando como essas tecnologias podem ter impacto nas estratégias de ensino, no próprio currículo escolar e no modo como os alunos aprendem os conteúdos (Niess, 2012a, Niess, 2013). Por exemplo, Koehler et al. (2014) argumentam que as propriedades de uma determinada tecnologia suportam o ensino de conteúdos específicos, nomeadamente defendem que a capacidade tecnológica pode ser útil para: transformar as representações dos conceitos ou objetos de maneiras que proporcionam melhor compreensão conceitual, acelerar o tempo de eventos naturais, organizar grandes quantidades de dados e registrar dados que normalmente seriam difíceis de recolher.

3.2.2. Normas sobre o uso da tecnologia na formação inicial de professores

Para Krumsvik (2014) “há uma necessidade de desenvolver tanto fundamentos como modelos teóricos para uma compreensão mais profunda da competência digital na formação de professores” (p. 272). Deste modo, na última década, organizações internacionais têm proposto modelos que visam definir princípios ou normas sobre o uso

da tecnologia pelos professores e, conseqüentemente, orientam a integração da tecnologia nos programas de formação inicial de professores. Por exemplo, a *International Society for Technology in Education* (ISTE) apresenta cinco normas (ISTE, 2008), que são amplamente usadas nos Estados Unidos da América, e que tem como destinatários os professores em formação inicial. Estas normas estabelecem que o professor deve:

- i. *Facilitar e inspirar a aprendizagem e a criatividade dos alunos.* Os professores usam seus conhecimentos sobre conteúdo, ensino, aprendizagem e tecnologia para facilitar experiências que promovam a aprendizagem, a criatividade e a inovação dos alunos tanto em ambientes presenciais como virtuais.
- ii. *Planear e desenvolver experiências de aprendizagem e avaliações da era digital.* Os professores planificam, desenvolvem e avaliam experiências autênticas de aprendizagem, incorporando ferramentas e recursos contemporâneos para maximizar a aprendizagem do conteúdo e desenvolver os conhecimentos, habilidades e atitudes dos alunos.
- iii. *Trabalhar e aprender dentro do modelo da era digital.* Os professores exibem conhecimentos, habilidades e processos de trabalho representativos de um profissional inovador em uma sociedade global e digital.
- iv. *Promover e modelar cidadania e responsabilidade digital.* Os professores entendem as questões e responsabilidades locais e globais da sociedade numa cultura digital em evolução e exibem um comportamento legal e ético nas suas práticas profissionais.
- v. *Envolver-se em crescimento profissional e liderança.* Os professores aprimoram continuamente a sua prática profissional, modelam a aprendizagem ao longo da vida e exibem liderança em sua comunidade escolar e profissional promovendo e demonstrando o uso efetivo de ferramentas e recursos digitais.

Um outro conjunto de normas que visam orientar o uso da tecnologia na formação inicial de professores é o *framework de competências nas TIC para professores* (UNESCO ICT Competency Framework for Teachers, ICT-CFT), apresentado e divulgado pela UNESCO (2008). Para esta organização é importante definir os princípios básicos que devem guiar o uso das TIC no ensino, acrescentando que “as TIC oferecem ambientes de aprendizagem envolventes e em rápida evolução, confundem os limites entre a educação formal e informal e estimulam os professores a desenvolver novas formas de ensinar e a permitir que os alunos aprendam” (UNESCO, 2008, p. 4). Este

framework está organizado em três abordagens: alfabetização tecnológica (*Technology Literacy*), aprofundamento do conhecimento (*Knowledge Deepening*) e criação do conhecimento (*Knowledge Creation*). Cada abordagem é composta por seis componentes: política, currículo e avaliação, pedagogia, uso da tecnologia, organização e administração da escola e desenvolvimento profissional; estabelecendo assim um total de 18 normas ou princípios sobre as competências dos professores em relação ao uso das TIC (Figura 3.3).

	Alfabetização tecnológica	Aprofundamento do conhecimento	Criação do conhecimento
Política	Conscientização da política	Compreensão da política	Inovação da política
Curriculo e avaliação	Conhecimento básico	Aplicação do conhecimento	Habilidades do século XXI
Pedagogia	Tecnologia integrada	Soluções de problemas complexos	Autogestão
Uso da tecnologia	Ferramentas básicas	Ferramentas complexas	Ferramentas abrangentes
Organização e administração da escola	Sala de aula padrão	Grupos colaborativos	Organizações de aprendizagem
Desenvolvimento profissional	Alfabetização digital	Gerência e orientação	Professor como aluno-modelo

Figura 3.3. Framework de competências nas TIC para professores (UNESCO, 2008)

De forma geral, segundo UNESCO (2008), na primeira abordagem – *alfabetização tecnológica* – espera-se que as competências dos professores incluam habilidades básicas de alfabetização digital e cidadania digital, juntamente com a capacidade de selecionar e usar tutoriais, jogos, software de treino prático e a *web*. Os professores também devem poder usar as TIC para gerenciar dados de sala de aula e apoiar a sua própria aprendizagem profissional. Já na segunda abordagem – *aprofundamento do conhecimento* – as competências do professor incluem a capacidade de gerenciar informações, estruturar tarefas problemáticas e integrar ferramentas, como software, no ensino e na aprendizagem de conteúdos específicos mediante estratégias de ensino centradas no aluno. Também devem apoiar projetos colaborativos, para o qual os professores devem usar recursos em rede e baseados na *web*, poder usar as TIC para criar e monitorar planos de projetos dos alunos, bem como para colaborar com outros professores para apoiar a sua própria aprendizagem profissional. Finalmente, na terceira abordagem – *criação do conhecimento* – os professores competentes poderão conceber recursos e ambientes de

aprendizagem baseados nas TIC, usar as TIC para apoiar o desenvolvimento da criação de conhecimento e as habilidades de pensamento crítico dos alunos, apoiar a aprendizagem contínua e reflexiva dos alunos e criar comunidades de conhecimento para alunos e colegas. Eles também serão capazes de desempenhar um papel de liderança com os colegas na criação e implementação de uma visão da escola como uma comunidade baseada na inovação e na aprendizagem contínua, enriquecida pelas TIC.

Não obstante, a considerar os referenciais descritos anteriormente (ISTE, 2008; UNESCO, 2008), assim como outros relacionados com as normas e princípios que orientam tanto o uso da tecnologia por parte dos professores como a integração da tecnologia nos processos da sua formação, Costa et al. (2008) argumentam que os programas de formação inicial de professores ainda estão longe do que seria de esperar, identificando uma lentidão significativa em assumirem as tecnologias como objeto de reflexão pedagógica e de trabalho didático na preparação dos futuros professores. Os autores acrescentam que a deficiente preparação específica dos professores recém-formados para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem é uma das barreiras que impedem uma maior e mais efetiva utilização dos computadores nos processos educativos:

No caso da formação inicial, são diversos os autores que consideram deficitária e manifestamente insuficiente a preparação que aí é realizada, uma vez que o que as escolas de formação tipicamente oferecem se circunscreve à realização de um determinado curso ou conjunto de sessões de formação relacionadas com a aprendizagem das próprias tecnologias, não implicando necessariamente a sua utilização do ponto de vista curricular, pelos alunos (p. 42).

Deste modo, os autores apresentam um quadro referencial sobre as *competências* que os professores e futuros professores devem desenvolver durante os seus processos de formação para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem dos conteúdos disciplinares correspondentes. Para os autores, “a competência refere-se ao que uma pessoa sabe e sabe fazer em circunstâncias ideais” (Costa et al., 2008, p. 57). Particularmente, a competência digital envolve a utilização segura e crítica das tecnologias, nomeadamente, o uso de dispositivos para recuperar, avaliar, armazenar, produzir, apresentar, trocar informação, comunicar e participar em redes de cooperação.

A competência digital alicerça-se, assim, nas competências gerais dos professores, nos seus conhecimentos prévios, de natureza científica e didática, adquirindo o seu grau de especificidade na situação

pedagógica que medeiam. Isso permite a professores com diferentes formações, interesses e necessidades, adquirir as competências TIC requeridas, à medida do seu processo de desenvolvimento profissional (Costa et al., 2008, p. 57).

Neste quadro referencial, os autores definem três níveis de certificação das competências digitais dos professores:

- i. *Competências digitais*. Competências focadas no conhecimento de ferramentas, de procedimentos e capacidades técnicas. O professor utiliza instrumentalmente as TIC como ferramentas funcionais no seu contexto profissional.
- ii. *Competências pedagógicas com TIC*. Competências centradas na integração da tecnologia e da didática. Integra as TIC como recurso pedagógico, mobilizando-as para o desenvolvimento de estratégias de ensino e de aprendizagem, numa perspetiva de melhoria das aprendizagens dos alunos.
- iii. *Competências pedagógicas com TIC de nível avançado*. Competências que se focam na inovação, criação e investigação. Inova práticas pedagógicas com as TIC mobilizando as suas experiências e reflexões, num sentido de partilha e colaboração com a comunidade educativa, numa perspetiva investigativa.

Além disto, ainda dentro do pressuposto teórico destes autores e considerando que as crenças e conceções constituem um fator que influencia o processo de ensino e aprendizagem, especificamente no que diz respeito a aprender a ensinar com tecnologia, Costa et al. (2008) identificam cinco fases de desenvolvimento (Figura 3.4) pelas quais os professores passam à medida que vão substituindo, gradualmente, as suas crenças e conceções: entrada, adoção, adaptação, apropriação e invenção.

A observação das práticas dos professores ao longo de mais de uma década permite concluir que a introdução das tecnologias deve ser encarada como um processo gradual pelo qual os professores têm de passar, de forma a poderem realizar as mudanças que as próprias tecnologias sugerem e podem induzir (Costa et al., 2008, p. 44).

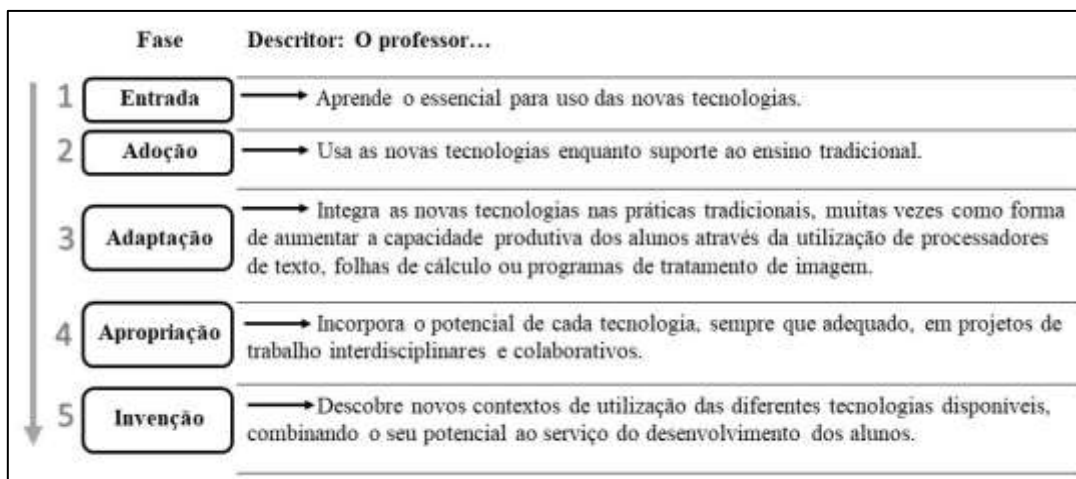


Figura 3.4. Fases de desenvolvimento na utilização pedagógica da tecnologia (adaptado de Costa et al., 2008, p. 44)

Um outro modelo, com alguma proximidade aos modelos anteriores, é proposto por Krumsvik (2014). Intitulado pelo autor como *Digital Bildung* ou Alfabetização Digital (Figura 3.5), este modelo pretende enquadrar as competências digitais dos futuros professores durante o seu processo de formação, no qual se define que a competência digital no contexto da formação de professores é a competência individual do futuro professor no uso das TIC. Este uso implica um bom julgamento pedagógico, consciência das suas implicações para estratégias de aprendizagem e a sua própria alfabetização digital. O autor acrescenta que a alfabetização digital dos professores é mais complexa do que a alfabetização digital de outros profissionais, pelo que:

A formação de professores precisa considerar o uso pedagógico das TIC e a competência digital para preparar os professores para a prática, mas também para desenvolver uma definição mais estreita de competência digital no nível individual e o que isso significa para a aprendizagem dos futuros professores durante a sua formação (Krumsvik, 2014, p. 273).

No centro da Figura 3.5 encontram-se três elementos principais: (i) *habilidades digitais básicas*, associadas às habilidades para gerir informação e comunicar com outros; (ii) *competência didática nas TIC*, referentes ao uso de ferramentas digitais no processo de ensino e aprendizagem mediante uma estratégia didática; e (iii) *estratégias de aprendizagem*, consiste na capacidade do professor para identificar recursos que lhe permitam continuar a aprender, inclusive fora do contexto de formação.



Figura 3.5. Alfabetização Digital (adaptado de Krumsvik, 2014, p. 274)

O nível destes três elementos vai aumentando em função do domínio prático e da autoconsciência. Em relação ao domínio prático (eixo horizontal) o autor considera que o primeiro passo consiste na adoção de habilidades digitais básicas para posteriormente ascender a uma adaptação e apropriação dessas habilidades até se transformarem em competências didáticas nas TIC, finalmente espera-se que o professor consiga atingir a inovação. Quanto à autoconsciência (eixo vertical), começa desde o nível mais baixo no qual o professor não tem competência digital; a seguir – na adaptação – pode ter consciência digital, mas não tem a competência correspondente; já depois na apropriação espera-se que o professor tenha tanto consciência como competência digital; e finalmente, adquirir o nível mais alto no desenvolvimento tanto da sua consciência digital como da sua competência digital.

3.2.3. Estudos sobre a integração da tecnologia na formação inicial de professores de Matemática em Portugal

Contudo, o conhecimento sobre os modelos e as normas, que assinalam o norte na caminhada sobre a integração da tecnologia na formação de professores, é um ponto de partida essencial para que os professores compreendam o verdadeiro potencial da tecnologia ao serviço do ensino e da aprendizagem, mas também é necessário criar oportunidades para que os professores possam experimentar a tecnologia em situações

concretas de ensino e aprendizagem que lhes permitam aprimorar o seu conhecimento didático e aumentar os níveis de confiança com que passarão a encarar a possibilidade de integrar a tecnologia nas suas práticas pedagógicas (Costa et al., 2008). Exemplo destas oportunidades na formação inicial de professores em Portugal são os estudos de Amado e Carreira (2008) e Viseu e Ponte (2009).

O estudo realizado por Amado e Carreira (2008) tem o objetivo de compreender como futuros professores de Matemática implementam as tecnologias na sala de aula durante o seu estágio, nomeadamente compreender como os estagiários usam o computador na sala de aula. Neste estudo os dados foram recolhidos durante dois núcleos de estágio de duas escolas secundárias de Portugal onde participaram quatro estagiários (dois por cada núcleo de estágio). No seu trabalho os autores discutem que a integração da tecnologia no ensino pode ter dois níveis: funcional ou pedagógica.

Na perspetiva *funcional*, a utilização das tecnologias parece estar confinada ao professor, cabendo aos alunos o papel de meros espectadores. Em contrapartida, será considerado um nível *pedagógico* aquele que tem lugar num contexto educativo, disciplinar ou não, mas em que há interação direta do professor e dos alunos com as ferramentas tecnológicas (Amado & Carreira, 2008, p. 279).

Os resultados deste estudo revelaram que os estagiários integraram a tecnologia desde uma perspetiva pedagógica, encarada de três formas distintas: (i) como *acessório*, onde o computador é usado para visualizar o conceito e permitir que o aluno chegasse ao resultado, mas sem perceber o porquê; (ii) *centrada no professor*, quando os estagiários usam o computador mas sem dar oportunidade aos alunos para usarem a tecnologia para criar, pensar autonomamente, imaginar, ou encontrar um caminho diferente do pensado pelo professor; e (iii) *centrado no aluno*, esta perspetiva apresentou-se quando os estagiários e os alunos foram parceiros durante o processo de construção de conhecimento, permitindo oportunidades para que os alunos sentissem que a tecnologia os ajudou a compreender a Matemática, o que promove confiança em usar o computador e perceber que era uma ferramenta útil na resolução da tarefa. Finalmente os autores concluem que “todos [os estagiários] parecem comungar da ideia de que as tecnologias podem ser um meio importante para cativar os alunos e para os levar a gostar mais desta disciplina” (Amado & Carreira, 2008, p. 287).

O estudo de Viseu e Ponte (2009), apresenta um estudo de caso realizado durante o estágio de um futuro professor e tem por objetivo “averiguar a influência do dispositivo

de formação baseado nas TIC no desenvolvimento do conhecimento didático de um futuro professor, nomeadamente no que diz respeito ao tipo de tarefas e ao uso de materiais tecnológicos” (p. 394). Os resultados revelaram que inicialmente o futuro professor tem a conceção de usar a tecnologia para potenciar os processos de aprendizagem, já que promove a visualização dos conceitos, a descoberta e a compreensão dos significados conceituais. Embora, na prática, segundo os resultados apresentados, as primeiras aulas com tecnologia eram expositivas e centradas no professor. Não obstante, por um lado, foi o dispositivo de formação que “fez com que integrasse diferentes tipos de tarefas e de materiais nas suas aulas com o intuito de desafiar os alunos a pensar” (Viseu & Ponte, 2009, p. 407) e, por outro lado, as interações com os seus supervisores levaram-no a refletir e a conseguir concretizar na sala de aula oportunidades para que os alunos usassem com maior participação a tecnologia nos momentos de exploração.

Em resumo, em ambos os estudos apresentados nas linhas anteriores, identifica-se que quando se integra a tecnologia no desenvolvimento profissional dos futuros professores, especialmente na sua incipiente prática profissional, junto com ela aparecem fatores e questões que a formação inicial deve procurar atender e dar resposta. Isto é, além de integrar a tecnologia por si mesma no processo de formação, “é necessário estar-se consciente de que existem outros aspetos importantes aos quais é imperioso dar atenção para uma boa implementação das tecnologias no ensino da Matemática” (Amado & Carreira, 2008, p. 287) e são os responsáveis pela formação inicial de professores que devem dar esta atenção e acompanhar os futuros professores no desenvolvimento do seu conhecimento para integrar a tecnologia na sua prática profissional (Viseu & Ponte, 2009).

A concluir, Huang e Zbiek (2017) argumentam que o envolvimento com ferramentas interativas e dinâmicas poderia, por um lado, melhorar a compreensão dos futuros professores sobre o conhecimento do conteúdo e, por outro lado, desenvolver atitudes positivas em relação ao uso de tecnologias na sua futura prática profissional. A integração da tecnologia no programa formação inicial poderia, assim, ajudar os professores a planificar as suas aulas, sempre e quando se ofereçam experiências de formação que os leve a questionar, antecipar e perceber as estratégias de ensino e o pensamento dos alunos quando se integra a tecnologia. Não obstante, é inadequado

pretender integrar fortemente a tecnologia em todo o programa de formação inicial ou acreditar que com uma simples oficina de formação vão conseguir-se os objetivos desejados:

No fundo, a conclusão mais importante para a definição de um programa de formação é que seria contraproducente “converter” pura e simplesmente as classes tradicionais em classes “altamente tecnológicas”, ou esperar que seja suficiente enriquecer tecnologicamente uma determinada classe para se operarem as mudanças (Costa et al., 2008, p. 44).

3.2.4. Síntese

São várias as implicações que a integração da tecnologia tem para a Educação Matemática, nomeadamente estas implicações requerem responsabilidade tanto para o professor como para os programas de formação inicial de professores. Neste contexto a formação inicial de professores constitui um espaço importante para atender estas exigências sociais, onde as TIC devem estar evidentemente destacadas no currículo da formação inicial de professores.

É de salientar que na primeira década do presente século XXI, diferentes entidades de peso internacional e vários estudos têm proposto normas e modelos que orientam a integração da tecnologia na formação inicial de professores, destacando o *quê*, o *como*, o *porquê* e o *para quê* deve ser integrado. Estes modelos apresentam um conjunto de competências associadas ao conhecimento profissional do professor quando se integra a tecnologia, que não só direcionam os programas de formação sobre o que é esperado desenvolver nos futuros professores, como também constituem quadros que permitem analisar a eficiência desta integração.

Contudo, estudos recentes revelam que quando se integra a tecnologia na formação inicial de professores, especialmente na sua incipiente prática profissional, junto com esta integração aparecem fatores e questões que a formação inicial deve procurar atender e dar resposta, refletindo sobre os resultados obtidos e os propósitos que se esperam atingir.

3.3. Operacionalização do TPACK na formação inicial de professores de Matemática

3.3.1. Estudos sobre o TPACK na formação inicial de professores de Matemática

Vários autores defendem que os programas de formação inicial de professores devem oferecer oportunidades que integrem a tecnologia nas tarefas e atividades que os futuros professores realizam com o objetivo de desenvolver e consolidar o seu TPACK (Archambault, 2016; Niess, 2012a; 2013). Especialmente considera-se que o *framework* do TPACK “fornece aos programas de formação de professores a capacidade de analisar a sua abordagem para integrar a tecnologia, bem como fornece aos futuros professores uma ótima maneira através da qual eles podem refletir sobre o seu planeamento e a sua prática profissional” (Archambault, 2016, p. 81). Porém, há que destacar que cada vez mais as disciplinas de conteúdo matemático estão a integrar o uso de tecnologias digitais como ferramentas de aprendizagem, e, assim sendo, os futuros professores estão a ingressar nas disciplinas de didática com um nível considerável do TCK, pelo que Niess (2013) argumenta que se os programas de formação inicial esperam “orientar os futuros professores no desenvolvimento do TPACK como um conhecimento, então devem estar focados no desenvolvimento do TPK, TCK e PCK” (p. 195).

Em vista disto, desde a sua aparição, vários autores têm mobilizado e adaptado o *framework* do TPACK na formação inicial de professores de Matemática. Recentemente, na revisão de literatura realizada por Willermark (2017), o autor analisou 107 artigos sobre o uso do *framework* do TPACK em estudos empíricos publicados em revistas científicas entre os anos de 2011 e 2016. Para além de organizar estes artigos, o estudo também tem o objetivo de contribuir com uma análise de como o modelo do TPACK foi aplicado na formação inicial e no desenvolvimento profissional dos professores. Os resultados mostram que dos 107 artigos analisados neste trabalho, só em 3 estudos (2,8%) os participantes eram futuros professores de Matemática.

O primeiro destes estudos, realizado por Agyei e Voogt (2012), visava examinar o impacto do trabalho colaborativo entre futuros professores na elaboração de materiais de aula melhorados por tecnologia, procurando responder a “quais são as experiências dos futuros professores de Matemática no desenvolvimento e na implementação de aulas melhoradas por tecnologia através de equipas de trabalho colaborativo?” e “como se

desenvolveu a aprendizagem do TPACK nos futuros professores?” (p. 553). No estudo participaram quatro futuros professores do último ano do curso de formação de professores de Matemática da Universidade de Cape Coast, no Gana, os quais trabalharam de forma colaborativa a pares. Os autores salientam que esses futuros professores não tinham experiências prévias com tecnologia durante a sua formação, e todos estavam profundamente enraizados em abordagens centradas no professor. Através dos dados recolhidos mediante entrevistas, questionários e diário de bordo do investigador, combinando métodos de análise quantitativos e qualitativos, os autores salientam os seguintes principais resultados: (1) os futuros professores usaram folhas de cálculo extensivamente para ajudar os seus alunos a explorar conceitos matemáticos e resolver tarefas; (2) as folhas de cálculo foram usadas principalmente para verificar resultados e regras gerais, fazer ligações entre fórmulas, aplicar funções algébricas e fazer gráficos, analisar e explorar padrões de números e gráficos, e para realizar muitos cálculos numéricos simultaneamente; (3) o uso de folhas de cálculo influenciou o modo como estratégias de ensino dos futuros professores mudaram; (4) os futuros professores foram capazes de articular efetivamente a tecnologia com a aprendizagem dos seus alunos, evidenciando mudanças nas suas conceções sobre a tecnologia, isto é, passando de considerar a tecnologia como ferramenta de reforço (visualização dos conceitos) para considerar a tecnologia como uma ferramenta para desenvolver a compreensão dos conceitos matemáticos; (5) os futuros professores adquiriram habilidades de integração de tecnologia durante os trabalhos colaborativos; (6) os futuros professores mostraram dificuldades em gerir a sala de aula quando se integrava a tecnologia e em maximizar o potencial da ferramenta tecnológica; e (7) os resultados gerais apontam para o desenvolvimento e crescimento do TPACK dos futuros professores.

Finalmente, os autores concluem que o estudo apoia o argumento de considerar o TPACK como uma lente analítica útil para examinar a integração da tecnologia na formação inicial de professores, mas salientam que não se pode dizer que os futuros professores tenham desenvolvido completamente o seu TPACK, portanto, é um desafio promover “outras oportunidades para experimentar a aprendizagem sobre as possibilidades de aplicações tecnológicas são necessárias para que os futuros professores explorem mais tópicos e conceitos do currículo matemático para desenvolver seu TPACK muito melhor” (Agyei & Voogt, 2012, p. 562).

O segundo estudo que aparece referido em Willermark (2017), também é dos autores Agyei e Voogt (2015), portanto, foi realizado no mesmo contexto da formação de professores da Universidade de Cape Coast, no Gana. Neste caso, os autores procuram responder a “como as estratégias aplicadas na disciplina de tecnologia no ensino da Matemática têm um impacto sobre as competências tecnológicas dos futuros professores de matemática (atitudes, conhecimentos e habilidades)?” (p. 5). No estudo participaram um total de 104 futuros professores que frequentavam o último ano do seu programa de formação. Os dados foram recolhidos através dos planos de aulas elaborados pelos futuros professores, rubricas de observação de aula e questionários de auto-desempenho, e os resultados evidenciam que: (1) a atitude nos futuros professores cresce positivamente em relação à tecnologia; (2) dois grupos de professores em formação desenvolveram e aprimoraram suas competências ao longo da disciplina, reconhecendo a importância de aplicar as competências dos professores sobre integração tecnológica em ambientes de sala de aula autênticos; (3) observar um instrutor usando tecnologia é um importante motivador para os futuros professores integrarem a tecnologia em suas próprias práticas; (4) as experiências colaborativas proporcionaram oportunidades para explorar e praticar a aplicação da tecnologia; (5) os futuros professores relataram que a oportunidade de aprender a usar a tecnologia durante a disciplina de formação era uma estratégia útil no desenvolvimento do seu TPACK; e (6) a principal dificuldade que tiveram os futuros professores foi na integração da tecnologia na planificação de aulas. Contudo, os autores destacam que as “experiências de formação autênticas com tecnologia contribuem para a redução das ansiedades dos futuros professores, aumentando assim seu entusiasmo em usar a tecnologia no seu ensino” (Agyei e Voogt, 2015, p. 19).

Akkaya (2016) é o autor do terceiro estudo sobre o TPACK na formação inicial de professores referido por Willermark (2017). Este estudo teve como objetivo “investigar as mudanças na percepção dos futuros professores em relação ao uso da tecnologia após a formação sobre integração tecnológica no ensino da Matemática” (p. 861). Participaram 34 futuros professores de um curso de Ensino da Matemática de uma universidade da Turquia, neste programa de formação que visava integrar a tecnologia em articulação com o conhecimento pedagógico e o conhecimento do conteúdo dos futuros professores. Os dados recolhidos através de testes, questionários e entrevistas foram analisados quantitativa e qualitativamente. Os principais resultados revelam: (1) diferenças

significativas nas percepções dos futuros professores em relação ao uso da tecnologia no ensino da Matemática antes e depois da formação sobre integração tecnológica, aumentando a percepção sobre as exigências e vantagens do uso da tecnologia nas aulas de Matemática; (2) que na capacitação em integração tecnológica, os professores em formação foram informados das ferramentas tecnológicas que podem ser utilizadas no ensino de Matemática e após disso eles puderam utilizá-las em suas práticas de micro-ensino; (3) que a maioria dos futuros professores conseguiu criar ambientes de aprendizagem centrados no aluno; (4) que os futuros professores preferiam selecionar o *software* de geometria dinâmica na planificação e implementação das aulas, justificando que este tipo de *software* permitia responder a mais perguntas, eram mais eficientes na visualização dos conceitos e permitiam que os alunos formassem seu próprio conhecimento através da exploração; (5) que um dos obstáculos para o uso de mais recursos virtuais foi a barreira linguística, pois havia muito poucas ferramentas disponíveis em turco; e (6) que os futuros professores declararam falta de equipamentos físicos nas escolas e falta de infraestrutura tecnológica, como uma importante barreira contra o uso da tecnologia no ensino da Matemática. Concluindo, os professores devem receber formação em TPACK, para isto os programas de formação devem de considerar as necessidades de aprendizagem dos futuros professores e professores em serviço em termos do uso da tecnologia, e devem ser preparadas formações específicas para que eles desenvolvam e consolidem o seu TPACK (Akkaya, 2016).

Outros estudos também foram consultados, por exemplo, Lee e Hollebrands (2011), baseados no TPACK, definiram o Conhecimento Tecnológico e Pedagógico da Estatística (*Technological Pedagogical Statistical Knowledge – TPSK*). Neste modelo, o TPSK está representado como um conhecimento especializado que engloba o conhecimento tecnológico da Estatística (TSK) e o conhecimento estatístico (SK) (Figura 3.6). Os autores definem o TPSK a partir de quatro descritores: (i) compreende a aprendizagem dos alunos sobre as suas ideias estatísticas quando se integra a tecnologia, (ii) concebe como as ferramentas e representações tecnológicas suportam o pensamento estatístico, (iii) usa estratégias de ensino para desenvolver aulas de Estatística com tecnologia e (iv) avalia criticamente e utiliza materiais curriculares para o ensino da Estatística com tecnologia.

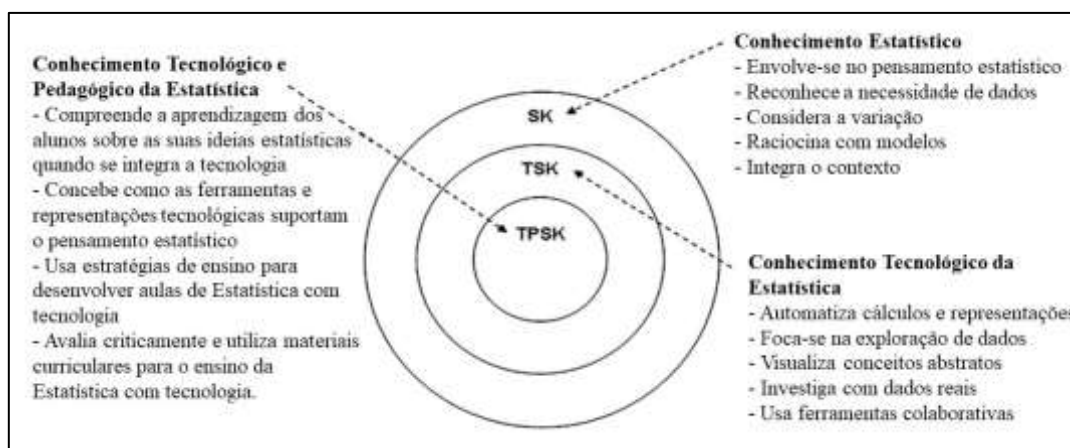


Figura 3.6. Conhecimento Tecnológico e Pedagógico da Estatística (*Technological Pedagogical Statistical Knowledge – TPSK*) (Lee & Hollebrands, 2011, p. 362)

Este modelo tem-se revelado útil na formação inicial de professores para analisar o desenvolvimento do TPACK para o ensino da Estatística. Vejamos como exemplo o estudo realizado por Henriques e Gutiérrez-Fallas (2017), numa disciplina de didática da Matemática do curso de mestrado em Ensino de Matemática do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, onde participaram oito futuros professores de Matemática e os dados foram recolhidos através de um questionário e de dois documentos elaborados pelos futuros professores: um plano de aula e uma reflexão escrita justificando as decisões feitas no plano. Os resultados deste estudo ofereceram uma visão valiosa sobre o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores de Matemática e sobre os componentes que precisam de mais atenção na formação de professores. Os dados evidenciam, no geral, um conhecimento estatístico (SK) sólido, mas revelaram que eles ainda precisam de mais tempo para trabalhar na articulação da tecnologia com o conteúdo (TSK) e na articulação do conhecimento pedagógico usando a tecnologia para o conteúdo (TPACK), mostrando algumas necessidades em saber como usar a tecnologia de forma mais estratégica no seu ensino. Finalmente, os autores concluem que “ao invés de ajudar os futuros professores a integrarem a tecnologia no ensino, os programas de formação de professores devem preparar futuros professores que consigam estabelecer conexões pedagógicas entre os recursos tecnológicos e os conteúdos estatísticos” (p. 7201).

Numa outra perspetiva, Niess e Gillow-Wiles (2014) propõem desenvolver o TPACK dos futuros professores através de um processo de formação baseado numa trajetória de aprendizagem. Confrey e Maloney (2010) descrevem uma trajetória de aprendizagem como uma rede ordenada que inclui as “atividades, tarefas, ferramentas,

formas de interação e métodos de avaliação” (p. 968) para apoiar o “movimento de ideias informais, de representação, articulação e reflexão, para conceitos cada vez mais complexos ao longo do tempo” (p. 968). Neste estudo participaram 19 futuros professores de Matemática e foi realizado num contexto *e-learning* (formação através de uma plataforma *online*). Os resultados deste estudo revelaram que a trajetória de aprendizagem influenciou o desenvolvimento das quatro componentes do TPACK (Niess, 2012a) nos participantes. Temos como exemplo, o facto do conjunto de tarefas sequenciadas e de natureza aberta (explorações e investigações) que integravam a trajetória de aprendizagem permitir que os futuros professores explorassem pessoalmente novas tecnologias – na posição de alunos, e permitiu a partir destas experiências que eles conseguissem planificar situações de aprendizagem que integrem a tecnologia – na posição de professores. Finalmente, os autores concluem que o desafio para os formadores de professores é identificar trajetórias de aprendizagem eficazes que satisfaçam o objetivo de desenvolver, melhorar e transformar os conhecimentos e as competências dos professores para o ensino com tecnologias (Niess & Gillow-Wiles, 2014).

Um último estudo apresentado nesta seção, enquadra-se na seleção, adaptação e elaboração de tarefas de ensino e aprendizagem na sala de aula de Matemática como uma das principais atividades didáticas dos professores. Para Leung (2017), a elaboração de tarefas matemáticas pode ser concebida como a elaboração de atividades situadas em ambientes pedagógicos que fornecem limites dentro dos quais os alunos se envolvem em fazer Matemática e, neste processo, eles são levados a construir o conhecimento matemático. Este autor discute a integração da tecnologia nas tarefas usadas na sala de aula de Matemática e define *Techno-Pedagogic Task Design* como a elaboração de tarefas para “processos pedagógicos em que os alunos são capacitados com habilidades ampliadas para explorar, reconstruir (ou reinventar) e explicar conceitos matemáticos usando ferramentas integradas num ambiente rico em tecnologia” (Leung, 2011, p. 327). Leung (2017) adapta o modelo do TPACK (Mishra & Koehler, 2006) e descreve um tipo de conhecimento chamado *Conhecimento para a Elaboração de Tarefas Matemáticas Digitais* (*Mathematics Digital Task Design Knowledge – MDTDK*) que surge da interseção simultânea e articulada entre quatro conhecimentos: (i) o conhecimento do conteúdo matemático (CK); (ii) o conhecimento sobre a ferramenta digital (TK); (iii) o

conhecimento didático da Matemática (PCK); e (iv) o conhecimento didático sobre a ferramenta digital (TPK) (Figura 3.7).

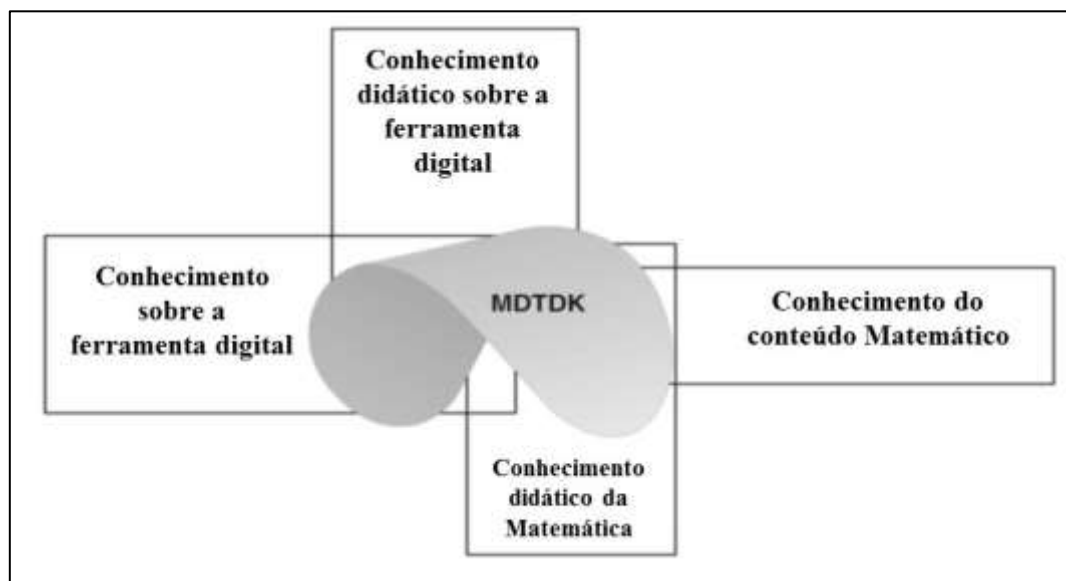


Figura 3.7. Conhecimento para a Elaboração de Tarefas Matemáticas Digitais (*Mathematics Digital Task Design Knowledge – MDTDK*) (Leung, 2017, p. 7)

Este modelo teórico foi usado no estudo de Gutiérrez-Fallas e Henriques (2018), o qual tinha como objetivo analisar o TPACK de futuros professores de Matemática na integração da tecnologia durante a adaptação e reformulação de uma tarefa matemática. No estudo participaram seis futuras professoras, as quais trabalharam em pares na realização de uma tarefa de formação que lhes foi proposta e que consistia em selecionar uma tarefa de um manual escolar e adaptá-la para ser explorada com recurso à tecnologia. Foi-lhes solicitado depois para enquadrar curricularmente a tarefa e selecionar uma tecnologia apropriada para a explorar, indicando a forma como a implementariam na sala de aula e justificando as potencialidades da tecnologia selecionada no ensino do tópico e na promoção dos objetivos de aprendizagens estabelecidos.

A análise qualitativa e interpretativa dos dados evidenciou: (1) que as futuras professoras mobilizam o *conhecimento didático da ferramenta tecnológica* selecionada na adaptação da tarefa, pois as conceções das formandas posicionam a tecnologia numa perspetiva didática, principalmente como um recurso motivacional, dinâmico e inovador; (2) que as futuras professoras reconhecem que o uso da tecnologia contribui para os alunos realizarem aprendizagens curricularmente importantes, como é o desenvolvimento do raciocínio matemático, autonomia e a colaboração entre pares, o que evidencia a mobilização do seu *conhecimento do conteúdo matemático* em articulação com o seu

conhecimento sobre a ferramenta tecnológica, pois não só é preciso conhecimento sobre a natureza da Matemática que está envolvida no tópico em questão, como também as opções que a tecnologia selecionada oferece para explorá-la; (3) que as opções metodológicas consideradas para a sala de aula estão associadas ao *conhecimento didático da Matemática* que as futuras professoras mobilizam na adaptação da tarefa, em articulação com o *conhecimento sobre a ferramenta tecnológica*, mobilizado na justificação da seleção da tecnologia como recurso para resolver a tarefa, e (4) a articulação entre o *conhecimento sobre a ferramenta tecnológica* e o *conhecimento didático da tecnologia* selecionada, uma vez que as futuras professoras reconhecem não só as potencialidades do software em questão, como também o modo como estas potencialidades associadas a uma intenção didática contribuem para a aprendizagem do aluno na resolução da tarefa.

3.3.2. Síntese

Os estudos focados no desenvolvimento do TPACK na formação inicial de professores de Matemática seguem três objetivos principais: (i) caracterizar as experiências dos futuros professores quando usam a tecnologia para o ensino e a aprendizagem da Matemática, (ii) explorar as concepções dos futuros professores quando se integra a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, e (iii) analisar o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores de Matemática.

No que diz respeito aos resultados destes estudos, destacam-se quatro: (i) a presença da tecnologia influencia as estratégias de ensino propostas pelos futuros professores; (ii) as concepções que os futuros professores têm sobre o uso da tecnologia no ensino e na aprendizagem mudam positivamente no sentido de aumentar o nível de reconhecimento e aceitação das potencialidades das ferramentas tecnológicas para a Educação Matemática; (iii) os futuros professores tiveram algumas dificuldades na elaboração de planos de aula que integrassem a tecnologia, principalmente dificuldades associadas com as estratégias de ensino; e (iv) os futuros professores mobilizam e articulam o conhecimento didático com o conhecimento tecnológico na realização e elaboração de tarefas matemáticas que se apoiem de algum recurso tecnológico.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Este capítulo está estruturado em quatro seções. Na primeira seção apresento as opções metodológicas gerais da investigação, nomeadamente no que diz respeito ao seu paradigma, à sua abordagem, ao seu *design* e aos métodos de recolha e análise de dados. Na segunda seção apresento a calendarização do estudo em função da descrição das três fases do *design* desta investigação. Posteriormente, ao longo da terceira seção, descrevo o contexto onde decorreu o estudo fazendo uma descrição e caracterização da unidade curricular onde foi implementada a Experiência de Formação, dos futuros professores que participaram e do meu papel como investigador. Concluo com a apresentação dos aspetos associados às questões de ética que respaldam esta investigação, finalizando, assim, com a quarta seção.

4.1. Opções metodológicas

A educação, nomeadamente a área da formação de professores, é um campo onde interagem de forma dinâmica diferentes fatores, sujeitos e situações, pelo que constitui um espaço rico e apropriado para a investigação. Neste estudo pretendo compreender como se desenvolve o TPACK de futuros professores de Matemática do 3.º ciclo do ensino básico e do ensino secundário, num contexto de uma experiência de formação.

A concretização deste objetivo requer que o contexto investigado da experiência de formação seja observado, de modo a permitir uma interpretação descritiva do fenómeno em estudo, fundamentada nos dados empíricos extraídos de uma intervenção intencional

realizada em sala de aula. Portanto, pela sua natureza, esta investigação segue uma metodologia de *Investigação Baseada em Design* (IBD) situada no *paradigma interpretativo* e com uma *abordagem qualitativa*.

4.1.1. Paradigma interpretativo e abordagem qualitativa

No paradigma interpretativo “o objetivo primordial da investigação centra-se no significado humano da vida social e na sua clarificação e exposição por parte do investigador” (Erickson, 1989, p. 196). O paradigma interpretativo valoriza a compreensão dos significados procurando penetrar no mundo pessoal dos sujeitos, dentro de um contexto em que tem lugar a interação entre o investigador e o investigado (dupla hermenêutica) e onde a produção do conhecimento é um processo indutivo, interativo e em espiral (Coutinho, 2011). Tendo em vista os aspetos mencionados, nesta investigação, o objetivo geral apela à interpretação, clarificação e descrição por parte do investigador dos dados recolhidos em função dos participantes envolvidos. Desta forma, como investigador, foi essencial tornar-me parte do ambiente onde se produzem e se recolhem estes dados: a sala de aula de uma disciplina que faz parte de um curso de formação inicial de professores. Este contexto foi ideal para interagir com os participantes do estudo, com o propósito de obter os dados que permitiram responder às questões desta investigação.

Para Bogdan e Biklen (1994) a abordagem qualitativa numa investigação considera que o interesse do investigador se centra na compreensão do modo como os fenómenos decorrem, sendo o processo mais relevante do que os produtos finais obtidos. Ao ser uma investigação que procura compreender como se desenvolve o TPACK nos futuros professores, principalmente a partir da resolução de tarefas pensadas para esse fim, o meu interesse como investigador assenta no processo de formação e aprendizagem em que estão envolvidos os formandos. Desse modo, a análise dos dados é feita de forma indutiva e exploratória (Bogdan & Biklen, 1994). Através de uma análise exploratória dos dados, obter-se-ão os resultados do estudo, de forma que as conclusões se vão reformulando e consolidando a partir da natureza empírica dos dados. Neste estudo, a experiência de formação oferece diversas oportunidades para que os formandos integrem o seu conhecimento didático com o conhecimento tecnológico, nomeadamente na resolução das tarefas e nos momentos de discussão na sala de aula. Como investigador interessa-me compreender o significado desta integração à luz das características do conhecimento que se pretende desenvolver: o TPACK.

4.1.2. Investigação Baseada em *Design* (IBD)

Considerando que as questões de investigação estão focadas não só no conhecimento profissional do professor – o TPACK, mas também estão centradas na própria Experiência de Formação e no seu contributo para o desenvolvimento deste conhecimento, esta investigação adota uma metodologia de *Investigação Baseada em Design* (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003; Ponte, Carvalho, Mata-Pereira & Quaresma, 2016), já que “esta investigação tem um duplo objetivo: estudar processos de aprendizagem ou de mudança e a forma de os promover em contextos naturais” (Ponte et al., 2016, p. 77).

A IBD é uma abordagem metodológica que surgiu no campo das engenharias e que começa a ganhar espaço e importância na educação, nomeadamente na década de 1990 (Cobb et al., 2003; Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004). Nos seus inícios, surge como uma forma de realizar investigação formativa para testar e refinar projetos educacionais baseados em princípios derivados de investigações anteriores. Esta perspetiva de refinamento progressivo envolve a planificação prévia (teoria) de um instrumento ou de uma sequência de tarefas, para depois implementar essa primeira versão no terreno (prática) para ver como funciona e em seguida, esta sequência de tarefas é sucessivamente revista e analisada com base na experiência (teoria mais prática), até que todos os erros sejam afinados e trabalhados (Collins et al., 2004). Desta forma, Gravemeijer e Cobb (2006) argumentam que a IBD pode contribuir de modo decisivo para ultrapassar o fosso que persiste entre a teoria e a prática educacional, porque nesta investigação “o conhecimento científico é baseado no conhecimento profissional ao mesmo tempo que fornece heurísticas que podem reforçar o conhecimento da prática” (p. 46). Assim, a IBD tem sempre o duplo objetivo de aperfeiçoar a teoria e a prática (Ponte et al., 2016).

Este processo de aperfeiçoamento é orientado pela formulação de uma conjectura inicial, suscetível de teste, que estrutura o *design* inicial da experiência (Confrey & Lachance, 2000; Ponte et al., 2016). Para Confrey e Lachance (2000) esta conjectura pode ter duas dimensões, uma dimensão de conteúdo (teoria) e outra dimensão pedagógica (prática), embora não sejam independentes, mas sim dimensões interligadas entre si. Neste estudo, a Experiência de Formação é orientada por uma conjectura com duas dimensões: de conteúdo e pedagógica. No que respeita ao conteúdo, a conjectura assenta na definição de TPACK, considerando as quatro componentes cognitivas que são centrais

para definir e analisar o TPACK dos futuros professores de Matemática (Niess, 2012a, descritos na seção 2.2.4 no capítulo 2). A dimensão pedagógica prende-se com a criação e experimentação de contextos de formação inicial que permitam promover uma integração do conhecimento didático e tecnológico, como requerido pelo TPACK, nomeadamente, esta dimensão pedagógica envolve a preparação e implementação das tarefas que compõem a Experiência de Formação.

De acordo com as intenções deste estudo e as características da experiência de formação, torna-se oportuno seguir uma IBD, pois tendo em conta os construtos teóricos que definem o TPACK e o seu desenvolvimento na formação inicial de professores, foi planificada uma Experiência de Formação, para posteriormente implementá-la na prática e analisar os resultados obtidos com o intuito de responder às questões de investigação e refinar a proposta formativa, na procura de um melhor contexto de formação que promova o desenvolvimento do TPACK nos futuros professores de Matemática. No campo, esta experiência encontra-se inserida na sala de aula de uma disciplina de um curso de formação inicial de professores, o qual é um contexto educativo complexo, e a IBD constitui um meio privilegiado para compreendê-lo. Cobb et al. (2003) argumentam que a IBD contribui para uma compreensão do que os autores chamam *ecologia de aprendizagem (learning ecology)*. Estes autores definem ecologia de aprendizagem como um complexo sistema de interações que envolve múltiplos elementos de diferentes tipos e níveis incluindo as tarefas que os alunos resolvem, o tipo de discurso que é encorajado na sala de aula, as normas de participação estabelecidas, as ferramentas e materiais relacionados com os meios previstos e as relações que os professores estabelecem em sala de aula entre estes elementos. A este respeito, outros autores alertam que “o estudo de ecologias de aprendizagem ao longo de toda uma intervenção requer a recolha de um grande volume de dados. Organizar e analisar esses dados constitui uma séria dificuldade deste tipo de estudos” (Ponte et al., 2016, p. 86).

Segundo as orientações teóricas e os objetos de estudo considerados numa investigação, Ponte et al. (2016) distinguem quatro principais variedades da IBD: (i) investigações focadas na aprendizagem dos alunos; (ii) estudos de desenvolvimento curricular e produção de materiais; (iii) investigações realizadas na formação de professores; e (iv) estudos centrados na mudança sistemática. Nesta investigação, o

estudo situa-se na categoria de IBD focada na formação de professores, especificamente, na formação inicial de professores de Matemática.

4.2. Fases da IBD na investigação

Relativamente à estrutura de uma IBD, Ponte et al. (2016) indicam que o *design* deste tipo de investigação inclui diversos ciclos iterativos. Nesta investigação realizaram-se dois ciclos completos. Para além disso, cada ciclo integra três fases: (i) preparação da experiência, (ii) experimentação em sala de aula, e (iii) análise retrospectiva da experiência (Gravemeijer & Cobb, 2006).

Tabela 4.1. Calendarização do estudo em função dos ciclos e fases da IBD²

		2016											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1º C I C L O	Preparação da EF												
	Preparação do EE												
	Realização do EE												
	Análise do EE												
		2017											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	Preparação da EF												
	Análise do EE												
	Experimentação da EF												
	Recolha de dados												
2º C I C L O	Análise retrospectiva												
	Revisão da conjectura												
	Refinamento da EF												
	Preparação da EF												
		2018											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	Preparação da EF												
	Experimentação da EF												
	Recolha de dados												
	Análise retrospectiva												
	Revisão da conjectura												
	Refinamento da EF												

² Siglas que aparecem na Tabela 4.1: EE = Estudo Exploratório, EF = Experiência de Formação.

Na Tabela 4.1. apresento a calendarização do estudo organizado segundo as três fases de cada um dos ciclos realizados e a seguir faço a descrição destas fases à luz do estudo desenvolvido.

4.2.1. Preparação da experiência

No primeiro ciclo de *design*, a fase de preparação da experiência de formação foi um processo muito reflexivo e que implicou tomar decisões importantes para o estudo. Inicialmente esta fase teve por base uma revisão de literatura acerca do conhecimento profissional do professor de Matemática, nomeadamente o TPACK definido como o objeto de estudo desta investigação. Também se consultaram as formas de desenvolver este conhecimento na formação inicial de professores, considerada como o contexto de desenvolvimento do estudo e onde se investiga o objeto de estudo. Para além disso, também foi preciso rever a literatura sobre a IBD, como opção metodológica que iria orientar o desenvolvimento da investigação. Esta revisão de literatura foi realizada de forma contínua ao longo dos dois ciclos de *design*, com o propósito de aprofundar o quadro teórico que fundamenta esta investigação e de atualizar as referências consultadas sobre as temáticas envolvidas no estudo. A revisão de literatura também teve o intuito de discutir sobre estudos realizados noutros contextos que permitam encarar os resultados obtidos nesta investigação a fim de buscar e salientar os contributos do estudo à comunidade científica. O produto desta revisão de literatura foi apresentada nos capítulos 2, 3 e 4 deste trabalho.

Na fase de preparação do 1.º ciclo, também foi realizado um Estudo Exploratório que visava familiarizar-me com o contexto de formação inicial onde iria decorrer a Experiência de Formação, experimentar procedimentos e instrumentos de recolha e análise de dados, e ajudar a refletir sobre o *design* da Experiência de Formação, nomeadamente sobre a conceção da conjectura de formação e aprendizagem. No capítulo 5 descrevo os aspetos metodológicos deste Estudo Exploratório, assim como também se apresentam os seus principais resultados e os seus contributos para a investigação, nomeadamente para a fase de preparação da Experiência de Formação.

O conhecimento sobre o TPACK obtido a partir da revisão de literatura e os resultados do Estudo Exploratório, articulados, permitiram-me definir o *design* da Experiência de Formação e formular a conjectura de formação e aprendizagem que a suporta (ver capítulo 5). Esta conjectura irá “ser testada e aperfeiçoada no decurso da

investigação. O objetivo não é validar a conjectura, mas sim produzir uma conjectura mais forte” (Ponte et al., 2016, p. 80).

Nesta fase de preparação começou a emergir um quadro teórico (seção 5.2.2 do capítulo 5) que inicialmente se centrou num conjunto de ideias que me pareceram importantes para apoiar o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores e que contemplava: o uso de tecnologia, as tarefas, a metodologia de sala de aula, nomeadamente o trabalho em grupo e a discussão coletiva, assim como também aspetos teóricos associados à formação inicial de professores de Matemática. Este quadro teórico (Figura 5.15) constituiu-se como o suporte que fundamenta os dois ciclos de *design* da Experiência de Formação e foi o alvo de discussão à luz dos resultados obtidos com base na recolha de dados, na revisão de literatura e nas diversas reflexões que fui fazendo ao longo do estudo (ver capítulos 6 e 8); tendo-se revelado uma ferramenta importante para a definição dos princípios de *design*, a construção de categorias de análise e consequentemente para a análise de dados.

O segundo ciclo de *design*, inicia-se igualmente com uma fase de preparação, produto da reformulação da Experiência de Formação, nomeadamente quanto às tarefas, a sua sequência e a sua implementação na sala de aula (seção 6.1 no capítulo 6). Esta segunda fase de preparação toma em consideração os resultados obtidos do 1.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação na sala de aula, o processo de análise reflexiva desta experimentação e a revisão dos princípios de *design* e da conjectura de formação e aprendizagem (ver capítulo 6).

4.2.2. Experimentação na sala de aula

A fase de experimentação de uma IBD consiste na implementação da experiência previamente planificada. Nesta fase, Cobb et al. (2003) indicam que é fundamental manter ao longo de todo o processo uma perspetiva clara dos possíveis percursos de aprendizagem, cultivar uma relação de trabalho positiva com os atores no terreno, realizar constantes momentos de reflexão para analisar e interpretar os acontecimentos registados, tudo isto sem perder de vista que o objetivo é “desenvolver uma compreensão profunda da ecologia de aprendizagem” (p. 12).

O objetivo desta fase, para além de implementar a Experiência de Formação, é avaliar a adequação e exequibilidade da experiência, o que implica a avaliação das tarefas, a sua sequência e resolução na sala de aula, bem como a gestão de sala de aula durante a

intervenção. Neste estudo, esta fase de realização contemplou dois ciclos de experimentação que permitiram reformular e refinar os princípios de *design* que suportam a Experiência de Formação e a conjectura de formação e aprendizagem que se constitui como uma teoria local de aprendizagem (Gravemeijer & Cobb, 2006).

O 1.º ciclo de experimentação foi realizado no 2.º semestre do ano letivo 2016/2017, foram realizadas 7 tarefas e participaram 6 futuros professores de Matemática. No 2.º ciclo, a experimentação da Experiência de Formação realizou-se no 2.º semestre do ano letivo 2017/2018, implementaram-se 12 tarefas e participaram 6 futuros professores de Matemática. Em ambos os ciclos, a Experiência de Formação realizou-se na Unidade Curricular de Didática da Matemática II (DMII), disciplina que integra o programa de Mestrado em Ensino da Matemática do Instituto de Educação (IE) da Universidade de Lisboa (UL), pelo que os participantes do estudo foram todos os futuros professores do 3.º ciclo do ensino básico e do ensino secundário que frequentavam essa unidade curricular nos anos letivos indicados. A descrição da disciplina de DMII e dos participantes em cada um dos ciclos encontram-se detalhadas na seção 4.4 deste capítulo.

As duas intervenções foram feitas em coordenação entre mim, como investigador e observador participante, e a professora coordenadora da DMII. Este trabalho em conjunto com a professora procurava inserir cada tarefa da Experiência de Formação num momento idóneo da unidade curricular, sendo este momento idóneo aquele que garante que os futuros professores tenham abordado os conhecimentos prévios necessários para resolver a tarefa e que integram os objetivos programáticos da disciplina. Os detalhes da implementação de cada uma das tarefas e a sua sequenciação na disciplina de DMII encontram-se no capítulo 6.

Como já foi mencionado, nesta fase de realização da Experiência de Formação houve um envolvimento e participação direta da minha parte como investigador-formador no contexto investigado. Segundo Cobb et al. (2003) isto é importante para ter uma visão clara dos percursos de aprendizagem dos participantes durante a resolução das tarefas, para estabelecer relações profissionais entre os agentes envolvidos na implementação das tarefas e, também, permite desenvolver uma profunda compreensão da ecologia da aprendizagem. Estes aspetos foram significativamente relevantes para justificar as decisões que tomei entre um ciclo de experimentação e o outro.

4.2.3. Análise Retrospectiva

Na IBD, cada ciclo de *design* conclui-se com a fase da análise retrospectiva. Para Cobb et al. (2003), um objetivo fundamental desta fase “é colocar a experiência de *design* num contexto teórico mais amplo” (p. 13). Para isto, analisam-se os dados recolhidos e confrontam-se os resultados obtidos com os pressupostos teóricos que enquadram a Experiência de Formação e com os resultados de outros estudos que têm objetivos, interesses e características semelhantes.

Neste estudo, realizou-se uma análise retrospectiva dos dados recolhidos em cada um dos dois ciclos de realização da Experiência de Formação. Os resultados obtidos na análise retrospectiva têm o propósito de fundamentar a reformulação dos princípios de *design* da Experiência de Formação e, conseqüentemente, o refinamento da conjectura de formação e aprendizagem. Assim também permite fazer ajustes à própria Experiência de Formação, nomeadamente no que diz respeito à sua estrutura, à sequenciação e gestão na sala de aula das tarefas que a compõem. Mas, além disto, os resultados desta análise retrospectiva dos dados permitem dar resposta às questões da investigação.

4.3. Procedimentos e instrumentos de recolha e análise de dados

4.3.1. Recolha de dados

Durante a fase de realização da Experiência de Formação na sala de aula, nos dois ciclos, levei a cabo o processo de recolha de dados. Segundo Bogdan e Biklen (1994), o termo *dados* “refere-se aos materiais em bruto que os investigadores recolhem do mundo que se encontrarem a estudar; são os elementos que formam a base da análise” (p. 149). Neste estudo, em ambos ciclos de *design*, foram utilizados os seguintes métodos de recolha de dados: observação participante com notas de campo, entrevistas, recolha documental e questionários.

Observação participante

Para Denscombe (2003), a observação é participante sempre que o investigador se encontre inserido na ação, ainda que apenas como acompanhante, como “sombra” do sujeito a ser investigado. A observação permite ter acesso direto às intervenções sociais e favorece uma abordagem aberta e indutiva. O observador participa no quotidiano dos sujeitos que estão a ser estudados, quer abertamente ou de forma encoberta, observando

o que acontece, ouvindo o que é dito e questionando-os durante um determinado período (Becker & Geer, 1957).

Neste estudo, é através da observação participante que tenho acesso direto ao contexto no qual se desenvolveu a Experiência de Formação. O meu papel como observador-formador teve lugar em cada uma das aulas nas quais implementei as tarefas que integram a Experiência de Formação e a minha participação consistiu em introduzir as tarefas, acompanhar o trabalho autónomo dos futuros professores interagindo com eles durante a realização das tarefas e gerir as discussões coletivas das tarefas em sala de aula. Este tipo de observação tem como vantagens o facto de não necessitar de muito equipamento, de oferecer perspetivas muito mais ricas do fenómeno observado dado que permite uma visão holística do mesmo e de permitir conhecer o ponto de vista dos sujeitos (Denscombe, 2003). Neste estudo, o foco das observações de aula foram as dinâmicas de sala de aula, nomeadamente, o trabalho dos futuros professores durante a resolução das tarefas e a interação entre os futuros professores, procurando identificar elementos que confirmem os conhecimentos evidenciados pelos futuros professores e as dificuldades na mobilização desses conhecimentos na resolução das tarefas propostas.

O registo das observações foi feito através de gravações em áudio, principalmente gravações das conversas dos futuros professores durante o trabalho autónomo em pequenos grupos e das discussões coletivas em sala de aula, posteriormente transcritas.

Notas de campo

Segundo Bogdan e Biklen (1994) as notas de campo são um complemento importante para métodos de recolha de dados como a observação e a entrevista. Neste estudo, recorri às notas de campo como procedimento de registo dos dados observados em sala de aula durante a implementação da Experiência de Formação. As notas de campo constituíram “o relato escrito daquilo que o investigador ouve, vê, experiência e pensa no decurso da recolha e refletindo sobre os dados de um estudo qualitativo” (Bogdan & Biklen, 1994, p. 150). Estas notas realizaram-se após cada aula, num momento de autorreflexão por parte do investigador sobre a implementação da tarefa, o tempo na realização da tarefa, as reações dos formandos, entre outros aspetos que o investigador considerou relevantes para o estudo. No 1.º ciclo de experimentação, os momentos de reflexão registados nas notas de campo foram significativamente importantes para fundamentar as decisões que tomei para preparar o 2.º ciclo de experimentação.

Recolha documental

Para Stake (2012) “recolher dados através do estudo de documentos segue a mesma linha de pensamento que observar ou entrevistar. É preciso termos a mente organizada e, no entanto, aberta a pistas inesperadas” (p. 84). Em cada um dos ciclos de experimentação, foi implementado um conjunto de tarefas, estas tarefas apelavam para que os futuros professores registassem a sua resolução, quer em formato físico (em folhas de papel) ou em formato digital (em processadores de texto, como *Word*; ou através de *software* específicos como o *Excel*, o *GeoGebra* e o *TinkerPlots*TM).

Assim, neste estudo, os documentos recolhidos foram as produções escritas dos futuros professores da resolução das tarefas da Experiência de Formação, tendo em conta que as produções escritas “servem como fontes de férteis descrições de como as pessoas que produziram os materiais pensam acerca do seu mundo” (Bogdan & Biklen, 1994, p. 176). Estas produções escritas permitiram ao investigador identificar os conhecimentos mobilizados pelos futuros professores durante a resolução das tarefas, reconhecer elementos que confirmam que os futuros professores articularam esses conhecimentos, de modo que se evidencie o TPACK dos futuros professores.

Entrevista

Para Bogdan e Biklen (1994) uma entrevista consiste numa conversa intencional, geralmente entre duas pessoas, dirigida por uma delas – o entrevistador – com o objetivo de obter informações sobre a outra – o entrevistado. Numa investigação qualitativa, a entrevista surge com um formato próprio e pode ser usada de duas formas: “podem constituir a estratégia dominante para a recolha de dados ou podem ser utilizadas em conjunto com a observação participante, análise de documentos e outras técnicas” (Bogdan & Biklen, 1994, p. 134).

Neste estudo, no 1.º ciclo de *design* foi realizada uma entrevista grupal realizada no final da experimentação da Experiência de Formação com as seis futuras professoras que participaram do estudo. Esta entrevista (gravada em vídeo) foi dirigida pela professora coordenadora da turma, enquanto eu como investigador tive uma participação de observador participante. No 2.º ciclo de *design*, foi realizada uma entrevista (gravadas em áudio) no final da experimentação da Experiência de Formação, neste caso, a entrevista foi realizada a pares, conforme as duplas de trabalho que os futuros professores

mantiveram ao longo da realização das tarefas. Nesta entrevista eu tive o papel de investigador-entrevistador, elaborando previamente um guião (Anexo 1) e dirigindo a entrevista aos futuros professores.

Por um lado, em ambos os ciclos de *design*, as entrevistas visavam complementar a informação recolhida por meio das observações e das produções escritas dos futuros professores. Particularmente, as entrevistas procuravam registar as conceções dos futuros professores no final da Experiência de Formação e o reconhecimento dos futuros professores sobre a sua participação na Experiência de Formação e sobre o seu conhecimento desenvolvido. Por outro lado, de acordo com Gay, Mills e Airasian (2006) as entrevistas podem subdividir-se em três tipos principais: estruturadas, não estruturadas e semiestruturadas; neste estudo, as entrevistas realizadas foram semiestruturadas, tendo em conta que a entrevista, de modo geral, não é uma conversa arbitrária, pelo contrário é dedicada a aprofundar um determinado tema, de modo que o fluxo da discussão é habitualmente monitorizado e segue uma agenda pré-estabelecida pelo entrevistador, mas que permite ao entrevistado dar alguma informação que não estava prevista e que se pode tornar relevante (Denscombe, 2003).

Questionário

Ghiglione e Matalon (1993) argumentam que o inquérito pode ser definido “como uma interrogação particular acerca de uma situação englobando indivíduos com o objetivo de generalizar” (p. 8). Salientando que neste caso, o investigador intervém colocando questões que inicialmente não têm o propósito explícito de modificar a situação nem de generalizar. Os autores indicam que este inquérito pode ser realizado através de um questionário, o qual pode ter os seguintes propósitos: (i) estimar certas grandezas absolutas; (ii) estimar grandezas relativas; (iii) descrever uma população ou subpopulação; e (iv) verificar hipóteses sob a forma de relações entre duas ou mais variáveis.

Neste estudo, utilizei dois questionários, aplicados em momentos diferentes da fase de experimentação de cada ciclo de *design* e respondidos pelos futuros professores fora do horário letivo das aulas. Um dos questionários (Anexo 2) foi aplicado em formato digital no início da Experiência de Formação com o objetivo de obter informação que permitiria descrever o perfil dos participantes em relação às suas conceções sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Este questionário

foca-se no uso cotidiano que os futuros professores dão à tecnologia, as experiências que eles têm tido com diferentes tecnologias e a sua posição sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Um segundo questionário (Anexo 3) foi aplicado em papel no final da Experiência de Formação e depois da entrevista, com o objetivo de obter informação relativa ao conhecimento que os futuros professores reconhecem ter adquirido durante a sua participação na Experiência de Formação, nomeadamente as aprendizagens que eles adquiriram sobre o uso da tecnologia na análise e elaboração de situações de ensino e aprendizagem da Matemática.

Assim, em cada um dos ciclos, nas respetivas fases de realização da experiência na sala de aula, foram recolhidos vastos e complexos conjuntos de dados relativos a situações de sala de aula que foram observadas (registadas nas notas de campo), a resoluções das tarefas e as discussões que estas promoviam na sala de aula (gravadas em áudio), e também os argumentos, opiniões e conceções dos futuros professores participantes do estudo (obtidos nas entrevistas e questionários).

4.3.2. Análise de dados

A análise de dados consiste num processo sistemático de busca e de organização da informação recolhida através das distintas fontes com o objetivo de aumentar a compreensão de toda esta informação e de apresentar aos outros aquilo que foi encontrado (Bogdan & Biklen, 1994). Estes autores também acrescentam que esta análise envolve o trabalho com os dados, a sua organização, síntese, descoberta dos aspetos importantes e a decisão sobre o que vai ser transmitido aos outros. Assim, para este estudo, foram quatro as etapas que orientaram a realização desta análise:

Etapa 1: *Organização dos dados recolhidos.* Os dados recolhidos em ambos os ciclos de *design* foram organizados cronologicamente segundo a data de recolha e em função da fonte de recolha (questionários, recolha documental, notas de campo, entrevistas).

Etapa 2: *Tratamento dos dados.* Nos dois ciclos de *design*, os dados recolhidos através dos questionários foram tabulados e tratados estatisticamente de forma descritiva, enquanto os dados provenientes das notas de campo foram transcritos em formato digital e, da mesma forma, realizou-se a transcrição das gravações em áudio das discussões de sala de aula e das entrevistas.

Etapa 3: *Análise de conteúdo.* Esta etapa consistiu num cuidadoso e trabalhoso processo de análise dos dados. Para Bardin (2009) a análise de conteúdo é

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (p. 44).

Na análise de conteúdo realizada durante o 1.º ciclo de *design*, houve um primeiro momento de codificação dos dados, que consistiu na definição de categorias e subcategorias de análise. A ser o objeto de estudo o TPACK, é também o objeto de análise desta investigação. Assim, neste processo, definiram-se *a priori* quatro categorias de análise do TPACK: concepções, currículo, aprendizagem e ensino, que surgiram a partir da revisão da literatura consultada (Niess, 2005; 2012a). Posteriormente, conforme o processo de análise dos dados avançou, formularam-se subcategorias que emergiram dos dados e foram definidas *a posteriori* pelo investigador para cada uma das categorias (ver Figura 4.1). Este processo de codificação e análise foi apoiado com o uso da ferramenta NVivo.

Já no 2.º ciclo de *design*, os dados foram analisados a partir das categorias e subcategorias definidas no processo descrito no parágrafo anterior, de modo que se procedeu a obter os resultados através da análise descritiva e interpretativa dos dados previamente codificados pelo investigador nas respetivas categorias e subcategorias de análise.

Etapa 4: *Organização e apresentação dos resultados.* A análise retrospectiva foi um processo constante e contínuo ao longo dos dois ciclos de *design*, nomeadamente esteve presente em todo o processo da IBD, a ser realizada em vários momentos e com diferentes propósitos. Portanto, esta etapa final consistiu na organização e apresentação dos resultados obtidos segundo os objetivos pretendidos no estudo. Nos capítulos 5 e 6, por exemplo, apresentam-se resultados associados à experimentação da experiência na sala de aula, especialmente aqueles resultados que fundamentam o refinamento dos princípios de *design*, a conjectura de formação e aprendizagem e a reformulação e ajustes da Experiência de Formação. Também os resultados desta análise aparecem organizados no capítulo 7 onde analiso o TPACK dos futuros professores à luz das categorias e subcategorias de análise do TPACK (Figura 4.1), com o propósito fundamentar a resposta à primeira questão da investigação e às suas respetivas subquestões; e no capítulo 8 onde

apresento os resultados que procurar suportar a resposta à segunda questão do estudo, referente à reflexão sobre a Experiência de Formação: o seu *design*, a sua implementação e os seus contributos ao desenvolvimento do TPACK dos futuros professores.

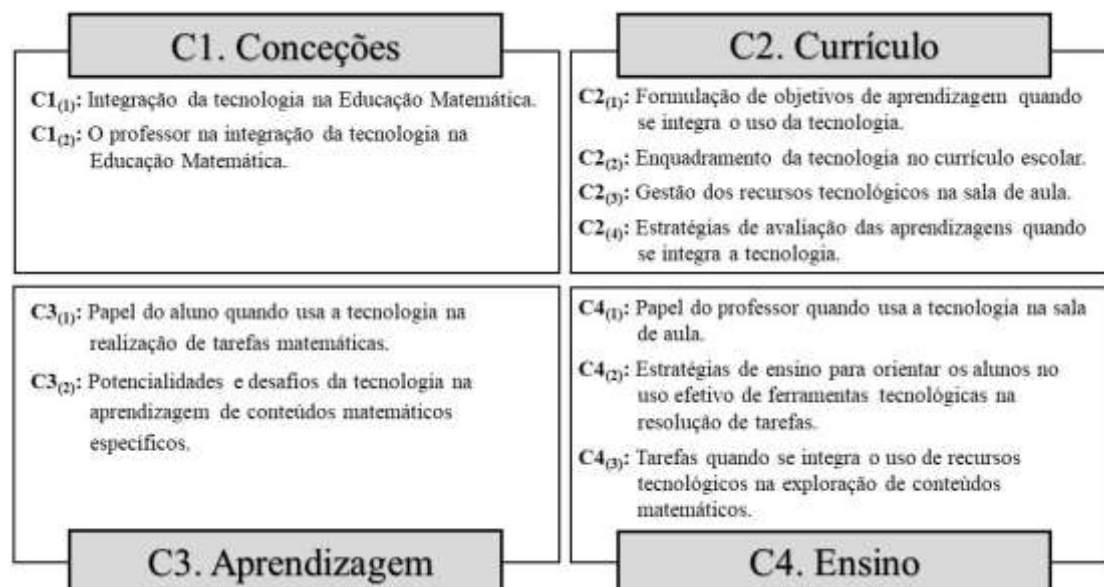


Figura 4.1. Categorias e Subcategorias de Análise do TPACK

4.4. Contexto do Estudo

4.4.1. A Unidade Curricular de Didática da Matemática II

A Didática da Matemática II (DMII) corresponde a uma unidade curricular de 6 ECTS (medida europeia dos créditos universitários) do 2.º semestre do 1.º ano do curso de Mestrado em Ensino de Matemática do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa (IE-UL). Este mestrado, lecionado em conjunto com a Faculdade de Ciências da UL, tem o objetivo de proporcionar formação geral e habilitação profissional para a docência do 3.º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário na área da Matemática, através de três pilares fundamentais: (i) desenvolvimento de competências científicas, (ii) desenvolvimento de competências didáticas específicas para o ensino da Matemática, e (iii) realização de prática pedagógica supervisionada. Tem uma duração de 2 anos letivos (4 semestres), e está estruturado em 16 unidades curriculares que somam um total de 120 ECTS. Na Tabela 4.2 apresenta-se o programa do curso de formação de professores desta instituição de ensino superior.

Tabela 4.2. Programa de estudo do Mestrado em Ensino da Matemática do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa

1º ANO		
Unidade Curricular	Semestre	ECTS
Iniciação à Prática Profissional I	1º	6
Didática da Matemática I	1º	6
Currículo e Avaliação	1º	6
Opção de Formação da Área de Docência	1º	6
Opção de Formação da Área de Docência	1º	6
Iniciação à Prática Profissional II	2º	6
Didática da Matemática II	2º	6
Escola e Sociedade	2º	6
Processo Educativo: Desenvolvimento e Aprendizagem	2º	6
Opção de Formação na Área de Docência	2º	6
2º ANO		
Unidade Curricular	Semestre	ECTS
Iniciação à Prática Profissional III	1º	6
Seminário de Matemática I	1º	6
Seminário de Matemática II	1º	6
Metodologia do Ensino da Matemática	1º	6
Opção em Formação Educacional Geral	1º	6
Iniciação à Prática Profissional IV	2º	30

Fonte: Site do IE – UL (<http://www.ie.ulisboa.pt/>)

Este curso de formação contempla unidades curriculares focadas no conhecimento matemático, especificamente oferece três disciplinas de Matemática (18 ECTS) ministradas pela Faculdade de Ciências como opções de formação na área de docência. Também integra quatro unidades curriculares de formação em educação geral (24 ECTS) que abordam temáticas sobre currículo e avaliação, escola e sociedade, desenvolvimento e aprendizagem, e educação em geral. Além disto, com uma natureza mais focada na didática da Matemática, aparecem as disciplinas de Didática da Matemática I e II, Seminário de Matemática e Metodologia do Ensino da Matemática (30 ECTS) e ainda as disciplinas de Iniciação à Prática Profissional (48 ECTS) que encaminham e preparam os futuros professores para a realização de uma prática de ensino supervisionada numa escola.

Relativamente à disciplina de DMII, segundo a Ficha de Unidade Curricular ³, a disciplina é de natureza teórico-prática com uma carga horária de quatro horas presenciais

³ Disponível no site do IE – UL <http://www.ie.ulisboa.pt/>

por semana e visa proporcionar aos futuros professores instrumentos didáticos fundamentais no ensino da Matemática, com a expectativa de que eles sejam capazes de:

1. Mobilizar e integrar no processo de ensino e aprendizagem, os seus conhecimentos e experiência em Matemática e em outras disciplinas, nomeadamente da Educação.
2. Mobilizar conhecimentos informados pela investigação em Educação, no campo da aprendizagem da Matemática, da avaliação das aprendizagens e da gestão curricular.
3. Integrar, no processo de ensino e aprendizagem, os seus conhecimentos das orientações curriculares recentes no ensino da Matemática, nomeadamente relativas às finalidades e objetivos gerais e às abordagens metodológicas e avaliação.
4. Mobilizar e integrar no processo de ensino e aprendizagem, o seu conhecimento das tecnologias, em particular no que respeita à sua utilização pedagógica.
5. Analisar e planear situações de aprendizagem no que se refere à aprendizagem da Matemática, à gestão curricular e à avaliação das aprendizagens, mobilizando esses conhecimentos.
6. Ser autónomos e trabalhar em cooperação de modo a assumirem uma perspetiva de formação e desenvolvimento permanentes.

Esta disciplina desenvolve-se ao longo de todo o semestre. As sessões geralmente seguem um processo formativo baseado no ensino exploratório, caracterizado pela introdução de uma tarefa, a exploração e resolução da tarefa de forma autónoma (individual ou em pequenos grupos) por parte dos formandos, e um momento final de sistematização e discussão coletiva dos resultados obtidos. Além disto, a unidade curricular dispõe de uma plataforma *online* que serve para apoiar o trabalho na unidade curricular, sendo utilizada para disponibilizar documentos associados às temáticas abordadas nas aulas, como os enunciados das tarefas e os textos que as apoiam ou outros para discussão, para interação com e entre os futuros professores através de fóruns de discussão de textos ou de tarefas propostas para serem realizadas em período extralectivo ou partilha de mensagens e para submissão de trabalhos realizados pelos futuros professores.

Apesar do trabalho realizado na disciplina de DMII já procurar desenvolver conhecimento didático sobre o uso da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, será útil promover o desenvolvimento deste conhecimento tendo em conta algum referencial teórico que sustente a prática de formação. Assim, a Experiência de

Formação preparada, experimentada e analisada neste estudo constituiu uma proposta para integrar o conhecimento tecnológico na formação dos futuros professores e articulá-lo com o conhecimento profissional que a disciplina de DMII visa desenvolver. Portanto, a integração da tecnologia na DMII consistiu na integração da tecnologia nas estratégias de ensino da Matemática, nas dinâmicas de sala de aula, nas tarefas e como recurso de aprendizagem da Matemática.

4.4.2. Participantes

Previamente à sua participação na Experiência de Formação, os futuros professores participantes deste estudo tiveram formação na área de Matemática (conhecimento matemático), isto porque um dos requisitos para que os candidatos sejam admitidos no programa de Mestrado em Ensino do IE-UL (descrito na seção anterior) é que tenham um mínimo de 120 ECTS aprovados de disciplinas de Matemática universitária.

Além disso, como se observa na Tabela 4.2, os participantes do estudo, alunos de DMII, já frequentaram duas disciplinas focadas no conhecimento matemático – opção de formação na área de docência, uma disciplina em formação educacional geral – Currículo e Avaliação, uma disciplina em didática específica – Didática da Matemática I, e a primeira disciplina de preparação para à inserção na escola – Iniciação à Prática Profissional I. Deste modo, na preparação da Experiência de Formação, nomeadamente no que diz respeito aos conhecimentos prévios considerados no *design* das tarefas, foram tomados em conta aqueles conteúdos abordados nessas unidades curriculares que se relacionam com os conteúdos programáticos de DMII, com o propósito de dar continuidade a esses conhecimentos, aprofundá-los e associá-los com os novos conhecimentos a desenvolver.

Em ambos os ciclos de realização da Experiência de Formação os participantes foram futuros professores de Matemática do 3.º ciclo do ensino básico e do ensino secundário. Especificamente, no 1.º ciclo, participaram seis futuras professoras com idades compreendidas entre 22 e 26 anos. Segundo os dados extraídos nos questionários aplicados no início da Experiência de Formação, estas futuras professoras tiveram uma formação de licenciatura em Matemática Pura ou Matemática Aplicada, não participaram previamente em nenhum curso de formação na área de tecnologia em geral ou tecnologia em educação. No entanto, assumem ter algum conhecimento tecnológico adquirido autonomamente através da experiência pessoal com as tecnologias do seu quotidiano, por

exemplo, o uso de ferramentas de comunicação digital, páginas *web*, aplicações ou programas básicos em computação como *Word* ou *PowerPoint*, entre outros.

Em relação ao 2.º ciclo, o número de participantes também foi seis, quatro futuras professoras e dois futuros professores, entre os 22 e 52 anos de idade. Saliento que neste segundo ciclo, dois dos futuros professores participantes (Glória e Tiago, nomes fictícios) são de nacionalidade brasileira, estando a frequentar o Programa de Licenciaturas Internacionais (PLI). Os dados dos questionários aplicados no início da Experiência de Formação indicam que quatro dos futuros professores tiveram uma formação de licenciatura em Matemática Aplicada, um deles em Engenharia e o outro em Física. Só uma futura professora indicou ter tido formação formal em tecnologia em cursos extracurriculares, os outros indicaram não ter participado de formações formais ou específicas na área de tecnologia e, para além disso, disseram ter pouca autoformação no âmbito tecnológico. Ainda assim, em termos gerais os futuros professores indicaram que conseguem ter certa autonomia no uso de ferramentas de comunicação digital, páginas *web*, aplicações ou programas básicos em computação como *Word* ou *PowerPoint*, entre outros.

4.4.3. Papel do Investigador

No decorrer da investigação, em cada fase dos ciclos de *design* o meu papel como investigador assume distintas posições e naturezas. Na fase de preparação da Experiência de Formação, o meu papel diz respeito à revisão da literatura, à planificação da experiência, nomeadamente a formulação dos princípios de *design* e da conjectura de formação e aprendizagem bem como a elaboração das tarefas e também a elaboração e/ou preparação de outros instrumentos de recolha de dados como os questionários e as entrevistas semiestruturadas.

Já na fase de realização da Experiência de Formação na sala de aula, o meu papel teve uma natureza dupla, por um lado como investigador que se aproxima do contexto no qual são extraídos os dados, passando um tempo considerável dentro do ambiente investigado e, por outro lado, como formador, assumindo a responsabilidade de coordenar com a professora da turma o momento e a forma de implementar cada uma das tarefas. Além disso, em conjunto com a professora da turma, apliquei as tarefas na sala de aula, interagindo com os futuros professores durante a resolução das tarefas e dirigindo as discussões coletivas. Ao longo desta fase de experimentação, cumpri com a função de

investigador-observador (McCloskey & Norton, 2008), ao estar atento ao que estava a passar-se na sala de aula e nos espaços nos quais podia intervir e contribuir para o desenvolvimento do trabalho que se estava a realizar, como por exemplo os fóruns de discussão dinamizados na plataforma.

Finalmente, na fase da análise retrospectiva, o meu papel como investigador consistiu na organização, tratamento e análise dos dados, tendo em conta que a análise de dados requer por parte do investigador uma grande capacidade de organização, sistematização e classificação de materiais de acordo com o potencial de informação que contém e face aos objetivos do estudo (Bogdan & Biklen, 1994).

Em resumo, como investigador fui o principal agente de planificação, recolha e análise de dados, pelo que assumi uma atitude inquiridora que me levou a refletir e a melhorar a Experiência de Formação ao longo dos dois ciclos de experimentação.

4.5. Questões éticas

Nesta seção vou-me referir aos princípios éticos que orientaram o desenvolvimento deste estudo, os quais têm por base alguns dos princípios e normas estabelecidas em documentos orientadores (AERA, 2011; AMTE, 2017) e a carta ética do IE – UL (2016).

Primeiramente, este estudo tem em conta o terceiro princípio da AMTE (2017) para a formação inicial de professores de Matemática, referente às *oportunidades para aprender a ensinar Matemática*, que indica que um programa eficaz de formação de professores de Matemática oferece aos candidatos múltiplas oportunidades de aprender a ensinar, por exemplo, através de disciplinas de metodologia, práticas de ensino, conhecimento sobre as formas de aprendizagem dos alunos, e conhecimento sobre contextos sociais de ensino da Matemática. Reconhecendo que estas oportunidades devem estar integradas no processo formativo do futuro professor, este estudo garante o cumprimento deste objetivo, pois não só correspondem com as características da unidade curricular de DMII onde foi implementada a Experiência de Formação, mas também o conjunto de tarefas que compõe a experiência oferece oportunidades de distinta natureza para que os formandos desenvolvam o seu TPACK.

A *American Educational Research Association* (AERA, 2011) também enumera um conjunto de princípios que devem orientar qualquer investigador em educação e que se referem a questões relacionadas com: (i) competência profissional; (ii) integridade;

(iii) responsabilidade profissional, científica e escolar; (iv) respeito pela diversidade, direitos e dignidade dos participantes na investigação; e (v) responsabilidade social. Estes princípios relacionam-se entre si e centram-se na atitude do investigador perante a investigação.

Em relação à competência profissional, tenho percorrido um rigoroso processo de formação desde o meu curso de formação inicial (Licenciatura em Educação Matemática) e pós-graduação (Mestrado em Didática da Matemática e aluno regular do Doutoramento em Didática da Matemática). Para além disso, tenho uma significativa experiência como professor universitário e como autor e co-autor de artigos científicos. Considero assim que a integridade como investigador é um aspeto essencial para a realização deste estudo, pelo que garanto a preservação e valorização da honestidade, bem como a justiça e o respeito para com os participantes, neste caso os futuros professores de Matemática que frequentaram a unidade curricular de DMII, e para com a professora coordenadora da turma, tendo em consideração que o respeito dos participantes é um dos princípios éticos também indicados na carta ética do IE – UL (2016).

Assumi responsabilidade em todas as minhas ações dentro deste estudo, desde o início da sua preparação, durante a realização, e mesmo no final na publicação e divulgação dos resultados, garanto responsabilidade científica, académica, profissional e social, mantendo-me sempre em submissão aos princípios académicos e éticos aceites, nomeadamente a integridade de atuação.

Finalmente garanto respeito pela diversidade, direitos e dignidade dos participantes. Por este motivo, os futuros professores foram informados sobre os objetivos da investigação e as condições da sua participação voluntária no estudo, e foram previamente convidados a darem o seu consentimento informado para a recolha de dados. Garanti-lhes a possibilidade de que em qualquer momento podiam desistir da sua participação, sem qualquer inconveniente, assim como também que a sua identidade seria salvaguardada através do anonimato (Anexo 4).

Além disso, durante todo o processo de investigação tentei garantir que os participantes não seriam sobrecarregados para além do necessário. Neste sentido, realizei uma articulação cuidadosa e bem-planeada da Experiência de Formação com o trabalho desenvolvido na disciplina de DMII. Outro aspeto a ter em conta é, que, em cada um dos dois ciclos de experimentação, duas tarefas do estudo foram sujeitas à avaliação sumativa

da unidade curricular, portanto, foi considerado que estas duas tarefas foram avaliadas e classificadas pela professora titular da unidade curricular antes de serem analisadas pelo investigador. O propósito foi o de que a análise dos resultados da tarefa não tivesse nenhuma influencia sobre a avaliação das tarefas, pois os objetivos da análise são diferentes dos objetivos da avaliação da unidade curricular.

CAPÍTULO 5

PRIMEIRO CICLO DE *DESIGN*

Este capítulo está estruturado em três seções. A primeira seção centra-se na apresentação do Estudo Exploratório, no que diz respeito aos objetivos e aspetos metodológicos da sua realização, aos principais resultados e à contribuição destes resultados para a preparação do 1.º ciclo da Experiência de Formação. Na segunda seção, apresento os diferentes aspetos envolvidos na preparação do 1.º ciclo de *design* da Experiência de Formação: as considerações teóricas que suportam o *design* da experiência, os objetivos de aprendizagem, a conjectura e os princípios de *design* que fundamentam a experiência, assim como também a proposta das tarefas e a planificação da experiência de formação realizada em sala de aula. A terceira seção diz respeito ao 1.º ciclo de experimentação, onde faço uma descrição da realização das tarefas e apresento os resultados de uma análise reflexiva sobre a experimentação das tarefas que fundamenta o refinamento da conjectura e dos princípios de *design*.

5.1. Estudo Exploratório

5.1.1. Objetivos, contexto e aspetos metodológicos do Estudo Exploratório

Previamente à planificação da Experiência de Formação e, consequentemente à sua primeira realização na sala de aula, realizou-se um Estudo Exploratório. Este Estudo Exploratório teve por base três objetivos:

OEE_1. Estudar o contexto de formação inicial onde iria decorrer a Experiência de Formação.

OEE_2. Testar e avaliar os instrumentos de recolha e análise de dados, com o propósito de planear e organizar a recolha e análise de dados durante a realização da Experiência de Formação.

OEE_3. Refletir sobre o *design* da Experiência de Formação, nomeadamente no que diz respeito à conceção da conjectura, à elaboração e planificação das tarefas e à articulação da experiência com a unidade curricular de DMII.

O Estudo Exploratório foi realizado em dois momentos, o primeiro momento decorreu na unidade curricular de DMII durante o 2.º semestre do ano letivo 2015/2016 e o segundo momento foi realizado na unidade curricular de Metodologia do Ensino da Matemática (MEM) durante o 1.º semestre do ano letivo 2016/2017. Estas duas unidades curriculares formam parte do programa de formação do curso de Mestrado em Ensino de Matemática do IE da UL (ver Tabela 4.2 no capítulo 4). Assim, o Estudo Exploratório foi desenvolvido em dois semestres letivos consecutivos, tendo os oito futuros professores (FP) que frequentavam estas duas unidades curriculares participado no estudo.

O propósito de realizar o Estudo Exploratório nestas duas unidades curriculares visou cumprir o primeiro objetivo deste Estudo Exploratório (OEE_1). Por um lado, a realização do estudo na DMII ia permitir-me conhecer os conteúdos programáticos da unidade curricular onde seria inserida a Experiência de Formação e, por outro lado, a realização em MEM ia permitir-me ter informação continuada sobre o conhecimento dos conteúdos abordados na DMII, em particular o TPACK, e como este seria mobilizado e aplicado em MEM. Assim, tal como vou referir mais à frente, a realização do Estudo Exploratório nestas duas unidades curriculares ia permitir-me ter informação e conhecimento a ter em consideração na elaboração das tarefas que constituem a Experiência de Formação.

Estas unidades curriculares de natureza teórico-prática visam promover a reflexão e discussão sobre questões fundamentais do currículo de Matemática, do seu ensino e aprendizagem e da prática profissional do professor, fornecendo aos FP instrumentos para análise e interpretação da prática letiva dos professores. Para além disso, no que respeita ao desenvolvimento do TPACK dos formandos, as duas unidades curriculares seguiram uma abordagem global de introdução de estratégias de formação promotoras de um conhecimento tecnológico integrado. Como parte do trabalho solicitado aos FP através das tarefas que foram propostas, no final de cada unidade curricular foi-lhes pedido para

elaborarem, em pequenos grupos de trabalho, um plano de aula, enquadrado curricularmente, que vise a promoção das aprendizagens dos alunos num tópico específico e defina o modo como seria desenvolvido o trabalho na sala de aula, recorrendo a um recurso tecnológico à sua escolha. Além disso, também lhes foi solicitado, complementarmente ao plano de aula, uma reflexão que fundamente as opções tomadas na elaboração do respetivo plano. Na Tabela 5.1 apresenta-se a forma como estavam organizados os FP nos grupos de trabalho em cada uma das unidades curriculares, sendo que os nomes que aparecem são fictícios para salvaguardar a privacidade dos participantes.

Tabela 5.1. Participantes do Estudo Exploratório⁴

Unidade Curricular	Grupo	Integrantes
Didática da Matemática II	Grupo A	Sofia e Carlos
	Grupo B	André, Maria e João
Metodologia do Ensino da Matemática	Grupo D	Sofia, Maria e Carlos
	Grupo E	Luís e Patrícia
	Grupo F	Marta, André e João

Na DMII foi indicado aos FP para enquadrarem o plano de aula dentro do ensino da Estatística, e em MEM, eles podiam elaborar um plano de aula para o ensino de qualquer tópico do programa escolar à sua escolha. Os referidos planos de aula e as suas respetivas reflexões, criaram condições para os FP mobilizarem o seu conhecimento matemático, pedagógico e tecnológico.

O Estudo Exploratório teve por base os dados recolhidos através da observação não participante, de questionários e da recolha documental.

Observação não participante. A observação não participante das aulas (Denscombe, 2003) tinha o propósito de explorar o contexto de uma sala de aula de formação de FP, fazer um reconhecimento da DMII onde se iria realizar a Experiência de Formação e identificar aspetos que deveriam ser considerados na preparação da experiência. Nestas aulas, os FP realizaram tarefas com recurso à tecnologia, nomeadamente, o uso de *software* específico como *Excel*, *Tinkerplots*TM e *GeoGebra*.

Questionários. Apliquei um questionário no início das aulas de DMII (Anexo 5) com o propósito de recolher informação sobre os participantes relativamente ao uso de

⁴ Na DMII houve um terceiro grupo formado por Marta, Patrícia e Luís, mas as produções escritas deste grupo não foram analisadas pois os seus trabalhos não cumpriram com as indicações dadas.

ferramentas tecnológicas, à participação em cursos de formação em tecnologia, às atitudes e percepções sobre a utilização da tecnologia no seu contexto atual como FP e na sua futura prática profissional. O questionário também contribuiu para medir a autoavaliação dos FP em relação ao seu conhecimento para promover a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Este questionário foi adaptado do instrumento elaborado por Schmidt et al. (2009) que se consolidou como um instrumento útil para analisar o TPACK dos professores, visto que o questionário destes autores é amplo, envolve diferentes áreas disciplinares e está focado para professores em serviço. Tendo em conta os aspetos mencionados adaptei o questionário ao contexto de formação inicial de professores de Matemática. Os FP responderam ao questionário em anonimato e para responder ao questionário foi usada uma escala de confiança de 5 pontos de Likert, com uma pontuação de 1 representando baixa confiança (totalmente em desacordo) e 5 representando alta confiança (totalmente de acordo). Além das questões fechadas de resposta por nível, o questionário também inclui opção de comentários dos FP sobre as questões.

Recolha documental. Este procedimento consistiu na recolha dos planos de aula e das reflexões elaborados pelos FP em cada uma das unidades curriculares (DMII e MEM). Estes documentos foram recolhidos com o intuito de analisar o TPACK que os FP revelam ao integrarem a tecnologia, nomeadamente o *software* educacional, no planeamento de uma aula e, além disto, identificar os aspetos que eles salientavam para justificar o uso da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática a partir da aula planeada.

A análise dos dados foi realizada através de um processo interpretativo e descritivo (Bogdan & Biklen, 1994). Os dados recolhidos através do questionário foram tratados quantitativamente e seguiu-se uma interpretação qualitativa dos resultados com o propósito de analisar as concepções dos FP sobre a integração e uso da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Os dados obtidos através das produções escritas dos FP nos seus planos de aula e respetivas reflexões, foram analisados segundo o *Modelo de Desenvolvimento do TPACK do Professor de Matemática* (Niess et al., 2009 – Anexo 6), centrando-se nas três componentes deste modelo: currículo, aprendizagem e ensino. Foi analisado igualmente o nível do TPACK evidenciado pelos FP em cada uma destas componentes, de acordo com a autora: reconhecer, aceitar, adaptar, explorar e avançar.

As dimensões de avaliação e de acesso não foram consideradas nesta análise porque remetem mais para aspetos na prática, ou seja, apelam à implementação do plano na sala de aula, o que neste contexto não ocorreu.

5.1.2. Principais resultados do Estudo Exploratório⁵

Os dados recolhidos no questionário revelam que todos os FP, em alguma medida, esperam usar com regularidade a tecnologia na sala de aula e vão gostar de usá-la (Figura 5.1). A maioria deles concordam que a tecnologia os ajuda a fazer um melhor trabalho e de forma mais produtiva, interessante e criativa (Figura 5.2), acreditando que o seu uso pode melhorar a aprendizagem dos alunos na escola.



Figura 5.1. Resultados da questão 1 da I parte do questionário (Estudo Exploratório)



Figura 5.2. Resultados da questão 7 da I parte do questionário (Estudo Exploratório)

⁵ Parte dos resultados apresentados nesta seção foram publicados em Henriques e Gutiérrez-Fallas (2017) e Oliveira, Henriques e Gutiérrez-Fallas (2018).

Os FP indicaram ter acesso à tecnologia, incluindo o uso de *software* específico para o ensino e aprendizagem de Matemática (por exemplo, *Excel* e *GeoGebra*), mas afirmaram ter tido pouca formação em como usar a tecnologia para o ensino da Matemática. Por exemplo, um dos participantes disse que: “não tivemos, até agora, neste mestrado, possibilidade de ter contacto com ferramentas tecnológicas de apoio ao ensino da Matemática para ter uma avaliação fundamentada da sua qualidade e eficácia no processo de ensino-aprendizagem” (Questionário – Comentário final).

Em relação às concepções que os FP têm sobre a aprendizagem dos alunos quando usam a tecnologia, os resultados do questionário revelam que a metade dos participantes concordaram em serem capazes de prever as possíveis estratégias de resolução e dificuldades dos alunos quando usam a tecnologia na sua aprendizagem (Figura 5.3). Enquanto professores, eles mostraram ter certa dúvida em conseguir seleccionar estratégias de ensino eficazes para integrar a tecnologia e potencializar a aprendizagem dos seus alunos (Figura 5.4).



Figura 5.3. Resultados da questão 10 da II parte do questionário (Estudo Exploratório)



Figura 5.4. Resultados da questão 12 da II parte do questionário (Estudo Exploratório)

Em resumo, os resultados que emergiram da análise do questionário revelam que os FP consideram ter algum conhecimento tecnológico, adquirido principalmente durante as suas experiências prévias na exploração de ferramentas tecnológicas como o *Excel* e o *GeoGebra*, mas também, mostram a aceitação e abertura de articular este conhecimento com o conhecimento didático associado ao ensino e à aprendizagem da Matemática na sua futura prática profissional. No entanto, destacam que ainda precisam de ter formação mais focada para este propósito de integrar a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Os resultados permitem interpretar que as concepções que os FP têm são favoráveis para promover a resolução de tarefas de formação que envolvam o uso da tecnologia durante a sua preparação como FP de Matemática.

De seguida, apresento os respetivos resultados obtidos da análise dos planos de aula e das reflexões, fazendo referência aos grupos de trabalho indicados na Tabela 5.1 e organizados em três das componentes do TPACK: currículo, aprendizagem e ensino.

Currículo

Os planos de aula elaborados pelos FP na unidade curricular de DMII tinham como requisito do trabalho proposto o de focarem-se na promoção da aprendizagem da Estatística com recurso à tecnologia. Enquanto em MEM havia oportunidade de diversificar as suas escolhas, tendo os FP optado pelas seguintes áreas temáticas da aprendizagem da Matemática, identificando-as também como adequadas para serem abordadas com tecnologia: Álgebra, Geometria e Trigonometria.

Todos os tópicos específicos abordados nestes planos foram enquadrados curricularmente, estando alinhados com o programa de Matemática e as orientações curriculares para o 3.º ciclo do ensino básico e do ensino secundário. Os FP também enquadraram a integração da tecnologia associando a ferramenta tecnológica com os conteúdos matemáticos específicos do programa escolar. Para além disso, nos objetivos da aula, incluindo capacidades transversais, formulados pelos FP nos seus planos, foi considerada a presença da tecnologia como recurso orientador das atividades dos alunos e para desenvolver capacidades associadas ao seu uso, evidenciando que reconhecem que exprimir ideias com tecnologia é útil para estes tópicos. Na Figura 5.5 apresentam-se alguns objetivos de aula e capacidades transversais propostas pelos FP nos seus planos, nomeadamente aqueles que fazem referência ao uso da tecnologia.

Grupo	Objetivos da aula	Capacidades transversais
Grupo A	<ul style="list-style-type: none"> * Resolver problemas, recorrendo ao uso de tecnologia, para representar diversos gráficos e diagramas de dispersão. * Aplicar os conceitos: retas de mínimos quadrados, amostra bivariada e coeficiente de correlação, no contexto da tarefa. 	<ul style="list-style-type: none"> * Resolver problemas, concebendo e pondo em prática estratégias variadas * Raciocinar matematicamente, formulando e testando conjecturas e avaliando argumentos matemáticos. * Desenvolver capacidades associadas ao uso de tecnologia.
Grupo B	<ul style="list-style-type: none"> * Desenvolver nos alunos as capacidades de planear e realizar/executar uma investigação estatística. * Realçar a importância do uso de ferramentas tecnológicas para o tratamento de grande quantidade de informação aproximação à realidade) * Organizar os dados (recorrendo ao <i>software GeoGebra</i>) * Tratar estatisticamente os dados recolhidos (construção de tabelas e gráficos e cálculo de medidas estatísticas) 	<ul style="list-style-type: none"> * Raciocínio estatístico * Sentido crítico e autonomia * Comunicação e argumentação matemática
Grupo C	<ul style="list-style-type: none"> * Interpretar geometricamente os sistemas de duas equações de 1.º grau. * Resolver sistemas de duas equações do 1.º grau pelo método de substituição. * Resolver problemas utilizando sistemas de equações do 1.º grau com duas incógnitas. 	<ul style="list-style-type: none"> * Ter sentido crítico relativamente à utilização de procedimentos e resultados matemáticos. * Trabalhar de forma cooperativa e colaborativa. * Resolver problemas, concebendo e pondo em prática estratégias variadas.
Grupo D	<ul style="list-style-type: none"> * Construir geometricamente polígonos, em particular triângulos e quadriláteros, utilizando o <i>GeoGebra</i>. * Deduzir o Teorema de Pitágoras * Promover competências no <i>software GeoGebra</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> * Pensamento algébrico; * Comunicação matemática; * Competências sociais.
Grupo E	<ul style="list-style-type: none"> * Saber relacionar as razões trigonométricas entre dois ângulos distintos na circunferência trigonométrica recorrendo ao <i>software GeoGebra</i>. * Compreender a relação entre cada uma das razões trigonométricas de dois ângulos distintos na circunferência trigonométrica sem recorrer ao <i>software GeoGebra</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> * Raciocínio matemático. * Estabelecimento de conexões.

Figura 5.5. Objetivos de aula e capacidades transversais propostas pelos FP nos seus planos de aula (Estudo Exploratório)

Os recursos tecnológicos selecionados para serem usados na sala de aula também constituem uma componente curricular importante para evidenciar o conhecimento dos FP. Nestes cinco planos de aula, os FP selecionaram o computador, salientando, por exemplo, que “a sala de aula devia estar dotada de computadores” (Plano de aula - Grupo B) para desenvolver as tarefas propostas. A escolha do *software* recaiu sobre o *Excel* (Grupo A) e o *GeoGebra* (restantes grupos), ambos de licença livre, por reconhecerem que é uma condição necessária à integração desta tecnologia na sala de aula, como mostra a justificação dada pelo Grupo B no seu trabalho: “O *software GeoGebra* foi a ferramenta tecnológica escolhida para trabalhar a tarefa em sala de aula. Trata-se dum *software* desenhado especificamente para o ensino, é dinâmico e gratuito podendo encontrar-se em www.GeoGebra.org”. A escolha destas tecnologias específicas foi fundamentada pelos FP quando referem o seu potencial e limitações para abordar os tópicos. Por exemplo, o Grupo A, argumenta na sua reflexão que o *Excel* é apropriado para trabalhar a Estatística porque permite “realizar tarefas que envolvem grande quantidade de dados, permite que o aluno seja liberto de atividades rotineiras e repetitivas, dando-lhe a hipótese de explorar uma diversidade de conjecturas por ele formuladas”. Também o Grupo D, em relação ao uso do *GeoGebra* para trabalhar a Geometria, fundamenta que “os programas de

geometria dinâmica permitem o desenho, a manipulação e a construção de objetos geométricos, facilitando a exploração de conjecturas e a investigação de relações que precedem o uso do raciocínio formal”. A referência, em ambas as citações, à possibilidade de os alunos explorarem conjecturas, sugere que os FP entendem os benefícios de integrar tecnologia apropriada para desenvolver o raciocínio dos alunos e o seu papel quando adotam uma perspectiva exploratória de ensino e aprendizagem da Matemática.

Outro recurso curricular, comum a todos os planos de aula, é a elaboração de uma ficha de trabalho para os alunos que é composta pela tarefa a resolver e também por um manual ou guião de comandos do *software* respetivo, o qual não era solicitado aos FP. Identifico que os FP elaboraram este documento com dois propósitos: para orientar a exploração e uso do *software* e para promover o trabalho autónomo dos alunos durante a resolução da tarefa. Em todos os grupos, este guião está bem enquadrado com a tarefa proposta e é um recurso fundamental na sua planificação quando procuram promover a autonomia no trabalho dos alunos, a qual é essencial quando se pretende levar a cabo uma aula com abordagem exploratória.

Estes resultados sugerem, portanto, que os FP conhecem tecnologias específicas para o ensino e aprendizagem da Matemática e reconhecem o seu alinhamento com os objetivos curriculares, sendo capazes de identificar tópicos que podem ser abordados com tecnologia e de reconhecer alguns benefícios da integração da mesma no ensino e aprendizagem para reforçar as aprendizagens definidas nesses objetivos. Assim, no que diz respeito à integração da tecnologia no tema Currículo, os FP evidenciam estar no nível 3 – Adaptar.

Finalmente, uma das expectativas do nível 4 – explorar, é que os FP proponham ideias e estratégias de ensino para que a tecnologia (como recurso curricular) tenha um papel mais central na Matemática que os alunos devem aprender, o qual não se evidencia nos planos de aula. Alguns dos grupos por exemplo, usam a tecnologia para explorar conhecimentos prévios (ver resultados do tema Aprendizagem) e outros usam a tecnologia para explorar inicialmente os conceitos, mas sentem a necessidade de consolidar a aprendizagem dos alunos sem o uso da tecnologia (ver os objetivos de aula do Grupo E na Figura 5.5). Em ambos os casos, embora sejam reconhecidos pelos professores os benefícios dos recursos tecnológicos, a tecnologia não ocupa ainda um papel central no ensino e na aprendizagem, pelo que não atingiram este nível 4.

Aprendizagem

Nos planos de aula elaborados em DM II pelos grupos A e B, os FP consideraram possíveis estratégias e dificuldades dos alunos na resolução das tarefas propostas. No que respeita às estratégias de resolução, os FP fazem uma descrição muito geral do uso que os alunos podem fazer da tecnologia para responderem às questões da tarefa, o que evidencia uma utilização desta componente tecnológica mais como ferramenta de ensino, para exprimir e verificar ideias matemáticas, do que de aprendizagem, para facilitar a compreensão de conceitos e desenvolver aspetos do pensamento matemático. Por conseguinte, os FP associam as possíveis dificuldades dos alunos a aspetos técnicos no uso das ferramentas do *software* específico e menos a aspetos conceituais ou da aprendizagem dos alunos quando envolvidos em atividades de alto nível, com tecnologia (como as investigações estatísticas), como mostra o seguinte excerto de plano de aula do Grupo A (Figura 5.6).

Possível Resolução:	Dificuldades:
Os alunos consoante os tipos de gráficos utilizados podem calcular as medidas de tendência central, necessárias à resolução das questões, aplicando as funções do Excel com o auxílio do mini-manual. (Mínimo, Máximo, Amplitude de amostra, Média, Mediana, 1º Quartil e 3º Quartil).	Aplicação da fórmula, selecionando corretamente os dados.

Figura 5.6. Excerto de plano de aula - Grupo A (Estudo Exploratório)

Para além disso, a análise da articulação entre os objetivos de aula propostos pelos FP do Grupo A (ver Figura 5.5) e os conhecimentos prévios que eles consideram necessários para os alunos se envolverem de forma efetiva na aula, particularmente na tarefa que lhe serve de base (Figura 5.7), também sugere uma utilização da tecnologia como uma ferramenta para exploração de conceitos previamente aprendidos, atribuindo à tecnologia um papel pouco relevante na promoção da aprendizagem de novos conceitos.

CONHECIMENTOS PRÉVIOS
➤ Noção das definições dos seguintes conceitos: <ul style="list-style-type: none">- Média;- Moda;- Mediana;- Quartil;- Amostra Bivariada;- Reta de Mínimos Quadrados;- Coeficiente de Correlação.

Figura 5.7. Excerto do plano de aula - Grupo A (Estudo Exploratório)

Os FP também indicam outras estratégias que os alunos poderiam seguir na resolução das tarefas propostas, sem fazer uso da tecnologia, evidenciando que concebem a tecnologia como um recurso opcional para atingir os objetivos curriculares, não sendo por isso uma ferramenta fundamental para facilitar a aprendizagem de tópicos específicos de Matemática. Este aspeto está bastante saliente na fundamentação que os FP apresentam nos seus planos, a qual revela as suas conceções e pressupostos referentes ao uso da tecnologia para promover a aprendizagem dos alunos na sala de aula. Por exemplo, o Grupo A na sua reflexão, considera que a tecnologia pode constituir um obstáculo à aprendizagem e exprime preocupação em relação ao foco da atenção dos alunos se poder desviar da aprendizagem dos tópicos matemáticos para a tecnologia:

A utilização da tecnologia nas aulas pode não ser sempre vantajosa para as aprendizagens dos alunos. Quando numa aula de carácter investigativo o professor reserva um tempo para o aluno trabalhar de forma autónoma, ainda que conduzido pela tarefa e pelo professor, este pode correr o risco de o aluno, passar demasiado tempo a explorar o *software* utilizado, não se preocupando minimamente com a tarefa.

De modo semelhante, na fundamentação do seu plano de aula, os FP do Grupo B evidenciam ter preocupações em relação ao tempo requerido para lecionar aulas com abordagem exploratória quando usam a tecnologia, aspeto que pode constituir um obstáculo à sua integração na sala de aula como ferramenta de aprendizagem da Matemática: “há ainda a dificuldade que se prende no tempo de aprendizagem necessário para uma eficiente utilização do *software* por parte dos alunos que, devido à extensão dos programas inviabiliza que esta se faça em sala de aula”.

Atendendo a estas preocupações expressas pelos FP e à sua tendência para conceberem a tecnologia mais como ferramenta de ensino do que de aprendizagem, considero que nesta fase da sua formação os FP revelam conhecimentos de integração da tecnologia de nível 2 – Aceitar, no tema Aprendizagem, no que se refere à Estatística.

No entanto, na análise dos planos de aula e reflexões elaborados pelos FP na MEM, os FP do Grupo C expressam claramente que reconhecem a utilidade da tecnologia na aprendizagem da Matemática ao argumentarem no seu plano que “defendemos que o uso de novas tecnologias, como o computador, pode ser um suporte facilitador da aprendizagem dos alunos”. Este grupo também descreve dificuldades específicas dos alunos no uso da tecnologia para desenvolver aspetos do pensamento matemático e a compreensão de conceitos, como mostra a Figura 5.8, e explicita na fundamentação do

seu plano de aula qual o foco da aprendizagem: “o foco serão as conclusões sobre a classificação dos sistemas de equações que os alunos poderão retirar da tarefa, através do *GeoGebra* e não a manipulação do programa”. Na Figura 5.8 também fica evidenciado que o uso da tecnologia está ao serviço da aprendizagem da Matemática, referindo ações de orientação do professor perante as dificuldades dos alunos, não permitindo que durante a resolução da tarefa eles se dispersem na tecnologia, mas mantenham o foco na Matemática.

Dificuldades dos alunos	Atividade do professor
<ul style="list-style-type: none"> - Inserir a reta dada na barra de entrada do recurso e criar os seletores a e b. - Entender o que significa a variação dos seletores. - Mover os seletores para os diferentes valores de a e b e observar as diferentes representações e consequentemente relacioná-las com a classificação do sistema de equações. 	<p>Neste campo, sendo que o objetivo da aula não é a manipulação do <i>GeoGebra</i> o professor deve ajudar o aluno e indicar qualquer funcionalidade do programa, respondendo de imediato a questões do aluno acerca do programa. No entanto, é importante que não dê respostas que influenciem a resolução da tarefa.</p>

Figura 5.8. Excerto do plano de aula - Grupo C (Estudo Exploratório)

No plano elaborado pelo Grupo D, os FP também começaram a conceber que os alunos podem desenvolver o seu pensamento matemático quando a tecnologia é usada como uma ferramenta para a aprendizagem da Matemática, argumentando:

Achamos que um ambiente de aprendizagem integrado com a utilização da tecnologia permite a elaboração de uma maior quantidade de exemplos e contraexemplos num curto espaço de tempo, permitindo a **disponibilidade dos alunos para processos cognitivos** [negrito meu] que se situam para além do cálculo e da compreensão de conceitos e relações matemáticas simples, deixando espaço para o desenvolvimento de processos reflexivos em torno das atividades propostas.

Esta posição do Grupo D viu-se refletida no plano de aula, principalmente no momento de discussão final (Figura 5.9). Na planificação desta discussão promovem-se processos cognitivos como argumentar, justificar e comunicar matematicamente as suas ideias, em torno da resolução da tarefa, e simultaneamente promove-se o desenvolvimento de processos reflexivos desafiando os alunos a refletirem sobre as estratégias e erros da sua resolução e da resolução dos seus colegas.

III. Discussão da tarefa	
Estratégias a adotar:	
1.	O(A) professor(a) permanecerá ao fundo da sala de aula sempre que possível.
2.	O(A) professor(a) indica um par de alunos que tenha concluído corretamente a construção no <i>GeoGebra</i> e projeta-a num dos quadros brancos para ser visualizada pela turma (este par de alunos foi escolhido pelo(a) professor(a) durante o trabalho autónomo):
a.	O(A) professor(a) pede a um dos dois alunos indicados que diga como procederam para realizar as construções pedidas e sempre que possível justifiquem, se seguiram os passos como referidos no guião ou se utilizaram outra estratégia;
b.	Pede que levante o braço quem obteve uma construção diferente ou utilizou outra estratégia de construção ou não concorda com o que foi dito pelos colegas;
c.	O(a) professor(a) analisa a intervenção do último aluno e poderá solicitar ao aluno que interveio anteriormente que argumente em defesa da sua posição esclarecendo os colegas;
d.	O(a) professor(a) poderá chamar a atenção da turma para apresentar uma nova estratégia de resolução ou para uma incorreção cometida de forma a não ser repetida;
e.	(...)

Figura 5.9. Excerto do plano de aula - Grupo D (Estudo Exploratório)

Os FP também preveem possíveis estratégias de resolução e dificuldades dos alunos associadas à compreensão dos conceitos, quando realizam tarefas com tecnologia, como mostra a Figura 5.10.

Possíveis estratégias de resolução	Possíveis dificuldades dos alunos
<p>Espera-se que os grupos apresentem construções no <i>GeoGebra</i> muito semelhantes à que se segue</p> <p>(...). Estabelece-se a seguinte relação [com base na a circunferência trigonométrica construída]:</p> $\begin{aligned} \sin \gamma &= \sin \beta \\ \cos \gamma &= -\cos \beta \\ \tan \gamma &= -\tan \beta \end{aligned}$ <p><u>Facultativo:</u> Como $\gamma = 180^\circ - \beta$, vem que:</p> $\begin{aligned} \sin (180^\circ - \beta) &= \sin \beta \\ \cos (180^\circ - \beta) &= -\cos \beta \\ \tan (180^\circ - \beta) &= -\tan \beta \end{aligned}$	<p>Pelo facto de para certos valores de α haver uma sobreposição de caracteres (os valores de $\cos \beta$ sobrepõem-se a valores do eixo Ox), os alunos podem apresentar dificuldades na leitura desses caracteres. No entanto, a folha algébrica integra as coordenadas do ponto C' cuja abcissa corresponde a $\cos \beta$ e a ordenada a $\sin \beta$ e desse modo espera-se que os alunos ao estabelecerem esta relação não tenham dificuldades na resolução das questões da tarefa.</p>

Figura 5.10. Excerto do plano de aula - Grupo D (Estudo Exploratório)

Considero, por isso, que nesta fase da sua formação, os FP dos grupos C, D e E, referente à integração da tecnologia na componente Aprendizagem, atingem o nível 4 – Explorar, evidenciando capacidade para planear e refletir sobre o ensino e aprendizagem da Matemática com a preocupação de orientar os alunos na compreensão através do uso da tecnologia, o que resulta num avanço significativo em relação aos planos de aula elaborados na DMII e mostra maturidade na planificação da aprendizagem dos alunos.

Ensino

Os FP planejaram aulas de 90 ou 100 minutos centradas na exploração de uma tarefa e estruturadas em quatro momentos característicos do ensino exploratório (Canavarro, 2003): (i) apresentação da tarefa; (ii), trabalho autônomo dos alunos na resolução da tarefa; (iii) discussão coletiva das resoluções dos alunos; e (iv) sistematização das aprendizagens matemáticas. Esta estrutura já tinha sido abordada com os FP nas unidades curriculares mas não era requisito do trabalho que lhes foi proposto, pelo que esta sua opção evidencia que compreendem como se estruturam as aulas numa abordagem de ensino exploratório e que são capazes de adaptar e incorporar metodologias adequadas para satisfazer os objetivos curriculares e envolver os alunos em atividades que promovem pensamento de nível elevado, a discussão entre alunos e entre estes e o professor e a aprendizagem da Matemática com compreensão, usando a tecnologia. Na Figura 5.11 apresenta-se um exemplo dos momentos da aula propostos pelo Grupo E no seu plano.

MOMENTOS DA AULA	
1. Entrada dos alunos e apresentação do sumário no quadro.	5 minutos
2. Apresentação da tarefa.	5 minutos
3. Trabalho autónomo dos alunos: resolução da Parte I da tarefa.	25 minutos
4. Discussão da Parte I da tarefa e sistematização de conceitos.	30 minutos
5. Trabalho autónomo dos alunos: resolução da Parte II da tarefa.	20 minutos
6. Discussão da Parte II da tarefa.	15 minutos

Figura 5.11. Excerto do plano de aula - Grupo E (Estudo Exploratório)

Por seu lado, o Grupo B, distintivamente dos outros grupos, incluiu também no seu plano um momento inicial da aula dedicado a uma breve revisão dos comandos do *software GeoGebra*, visando uma sua utilização mais efetiva e autónoma por parte dos alunos na resolução da tarefa. Os FP entendem que, deste modo, poderão assumir o papel de guia durante a exploração da tarefa usando a tecnologia, ao invés de a conduzir.

Dentro desta estrutura de aula, a tecnologia foi integrada como um recurso de apoio ao ensino, principalmente para orientar o trabalho autónomo dos alunos. Neste contexto, o professor teria um papel na monitorização das aprendizagens adquiridas pelos alunos durante a resolução da tarefa e do progresso dos alunos em relação ao uso do *software*:

Devido à tecnologia a ser utilizada requerer algum tempo de aprendizagem elaborámos um guião de ajuda ao aluno de forma a criar competências no domínio da mesma e conferir autonomia à realização

da tarefa por parte dos alunos. Desta forma o Professor concentrar-se-á na dupla tarefa de verificar se os alunos apreenderam bem os conteúdos, neste caso do Teorema de Pitágoras, e se se sentem progressivamente mais seguros e confiantes na sua capacidade de utilizar o *GeoGebra* (Fundamentação do plano de aula – Grupo D).

Integrada nas estratégias de ensino, a seleção da tecnologia a usar na sala de aula foi bem fundamentada pelos FP, que destacaram, principalmente, aspetos de natureza cognitiva e de gestão curricular. Por exemplo, tal como justificado pelo Grupo C no seu plano, o *software* selecionado permite motivar e envolver os alunos na exploração e a visualização dos conteúdos matemáticos de forma dinâmica, em diferentes representações e permite poupar tempo na realização da tarefa:

O *GeoGebra* toma um papel importante na resolução desta tarefa, pois facilita a visualização e permite conjecturar, confirmar ou refutar hipóteses com velocidade e facilidade de construção gráfica. Desta forma, permite ao aluno uma melhor exploração da atividade matemática, pois funciona como um precioso instrumento de motivação.

Os FP também referem que “a utilização da tecnologia como instrumento de apoio ao ensino-aprendizagem da matemática incentiva o trabalho colaborativo entre os alunos, aumentando as oportunidades de discussão e comunicação” (Fundamentação do plano de aula – Grupo D), o que evidencia que os FP concebem a integração da tecnologia como determinante na gestão da sala de aula, nomeadamente, na organização dos pequenos grupos de trabalho dos alunos. Por exemplo, a opção de que em cada grupo de trabalho existam alunos que saibam usar a tecnologia para que eles possam apoiar o trabalho dos colegas é considerada no plano do Grupo B (Figura 5.12).

Atividade do Professor
O professor distribui o guião de trabalho da tarefa <i>Hábitos Alimentares</i> pelos alunos.
Lê e explica os objetivos e a natureza da tarefa e anuncia as metodologias de trabalho das diferentes fases.
O professor assegura-se que em cada grupo existam alunos que têm facilidade em utilizar o <i>software</i> GeoGebra.

Figura 5.12. Excerto de plano de aula - Grupo B (Estudo Exploratório)

Ainda em relação à gestão de sala de aula, são poucos os grupos de FP que reconhecem os desafios que os professores enfrentam quando se usa a tecnologia na sala de aula. Por exemplo, o Grupo D refere na fundamentação do plano de aula que a

tecnologia cria “um ambiente de aula com mais movimento, mais ruído e mais sobressaltos para os professores”, mas não se identificam, no plano, estratégias específicas que ajudem a minimizar o impacto destes desafios.

No que diz respeito às intervenções do professor, identifico nos planos dos FP algumas referências específicas ao seu papel na sala de aula quando o uso da tecnologia é considerado. Estas intervenções têm essencialmente duas naturezas: (i) levantamento de questões para guiar o trabalho dos alunos, apelando ao uso do *software* como facilitador dos procedimentos envolvidos, por exemplo, “Se vocês têm um *software* para trabalharem, porque é que calculam/fazem os gráficos à mão?” (Plano de aula - Grupo A); e (ii) dar informação e apoio técnico na manipulação do *software* e no uso do computador, por exemplo, “Nas questões relacionadas com o *GeoGebra* o professor pode dar uma ajuda mais direta e sempre que necessário falará para a turma (garantindo assim que todos os grupos concluem a construção [do triângulo retângulo])” (Plano de aula - Grupo D).

Estas intervenções evidenciam um ensino dedutivo, ou seja, o futuro professor planifica a sua aula pensando nas formas em que pode manter o controlo daquilo que o aluno está a fazer para garantir que os objetivos da aula sejam cumpridos dentro de um contexto sequenciado e organizado para tal fim. A Figura 5.13 mostra como os FP do Grupo B também têm estas intenções de direcionar os alunos de forma direta e dedutiva na exploração do *software* durante a resolução da tarefa.

Atividade do professor
<p>Apoio às possíveis dificuldades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relembrar a necessidade de criar listas • Esclarecimento na criação de listas e ao uso de simbologia na barra de comandos • Esclarecimento na navegação pelos menus • Questionar os alunos por que é que escolheram esse gráfico. • Orientar a obtenção dos resultados do IMC através da folha de cálculo do <i>software</i>.

Figura 5.13. Excerto do plano de aula - Grupo B (Estudo Exploratório)

Com base nestes resultados posso considerar que, de forma geral, na integração da tecnologia no tema do Ensino, os FP estão no nível 3 – Adaptar, pois tal como foi evidenciado, a tecnologia é usada para reforçar os conceitos Matemáticos. Os FP adaptam as suas aulas para integrar a tecnologia de maneira efetiva e as estratégias de ensino

propostas são de natureza dedutiva, orientadas pelo professor, a fim de manter o controle do progresso das atividades da sala de aula. Também foi possível identificar nos planos elaborados pelos FP um dos descritores de nível 4 – Explorar, referente ao envolvimento dos alunos na exploração dos conceitos matemáticos com tecnologia, onde o professor desempenha um papel de guia e orientador do trabalho dos alunos na sala de aula. Contudo, nos planos de aula propostos, os alunos não são suficientemente envolvidos em atividades de pensamento de nível elevado nem as estratégias de ensino são diversificadas ao ponto de incluir, para além das estratégias dedutivas, as estratégias de ensino indutivas, o que permitiria uma maior autonomia dos alunos na sua aprendizagem sobre o uso da tecnologia para resolver as tarefas propostas.

Em resumo, os resultados revelam que na formulação de objetivos de aprendizagem os FP mobilizaram conhecimento curricular relativo ao conhecimento sobre o programa escolar, logo este conhecimento foi articulado com o conhecimento tecnológico na medida de associar os conteúdos do currículo com as potencialidades que as ferramentas tecnológicas oferecem para explorar esses conteúdos. Também foi comum que em todos os planos de aula os FP elaboraram um guião de apoio como recurso curricular que orientaria o trabalho autónomo dos alunos durante o uso da tecnologia para resolver a tarefa proposta.

Na componente sobre a aprendizagem, os resultados revelam que os FP reconhecem que a tecnologia tem um papel relevante para a consolidação de conhecimentos previamente abordados pelos alunos. Além disto, durante a formulação de possíveis estratégias de resolução da tarefa proposta e a identificação de dificuldades de aprendizagem que os alunos poderiam ter, os resultados mostram que incipientemente os FP mobilizaram e articularam três domínios de conhecimento: o conhecimento do conteúdo matemático que seria abordado, o conhecimento didático sobre as formas de aprendizagem deste conteúdo e o conhecimento tecnológico sobre o uso que os alunos dariam à tecnologia para explorar o conteúdo e gerar aprendizagens.

Finalmente, no que diz respeito ao ensino, os resultados mostram que os FP conseguiram propor diversas estratégias de ensino que orientariam a prática do professor na sala de aula quando se integra a tecnologia. Aqui interpreto que os FP mobilizaram o conhecimento didático associado ao ensino de conteúdos matemáticos específicos e

articularam este conhecimento com o conhecimento tecnológico relativo às potencialidades das ferramentas tecnológicas para o ensino.

5.1.3. Contributos do Estudo Exploratório

De forma geral, concluiu-se que os FP participantes deste Estudo Exploratório revelaram mobilizar e articular o conhecimento didático (conteúdo e pedagógico) e o conhecimento tecnológico. No entanto, apresentaram algumas limitações em usar a tecnologia estrategicamente para potencializar o ensino e promover a aprendizagem de conteúdos matemáticos, nomeadamente na resolução de tarefas matemáticas que envolviam a exploração de conceitos matemáticos através de ferramentas tecnológicas.

Com o primeiro objetivo deste Estudo Exploratório pretendia estudar o contexto de formação inicial onde iria decorrer a Experiência de Formação. Os resultados, nomeadamente os comentários dos participantes no questionário, revelam que faz sentido e é pertinente, neste ponto do seu curso de mestrado, que os FP participem de uma Experiência de Formação como a proposta nesta investigação (apresentada na seção 5.2 deste capítulo), porque é durante a unidade curricular de DMII que eles podem ser assistidos e orientados para pensarem em estratégias de ensino, promoção da aprendizagem e planeamento em articulação com a integração da tecnologia.

Este Estudo Exploratório permitiu cumprir com o segundo objetivo de testar e avaliar os instrumentos de recolha e análise de dados. Sobre o questionário usado, reconheceu-se ser um instrumento útil, mas que requereria alterações para ser aplicado no estudo principal, focando as suas questões ao contexto de formação inicial em que seria inserida a Experiência de Formação. As duas tarefas analisadas, a elaboração de um plano de aula e as reflexões dos FP, mostraram-se como tarefas úteis para analisar o TPACK dos FP, não obstante, identifiquei que prévio à elaboração de um plano de aula com recurso à tecnologia, era preciso que os FP tivessem oportunidades de exploração de diversas ferramentas tecnológicas.

Em relação ao modelo usado para analisar os dados dos planos de aula e das reflexões, identificou-se que os indicadores dos níveis de desenvolvimento do TPACK nas componentes do modelo de Niess et al. (2009) (Anexo 6) deveriam ser ajustados e adaptados a um contexto de formação inicial de professores que considere o perfil dos participantes deste estudo. Assim, optei por definir quatro categorias de análise (ver Figura 4.1 no capítulo 4) que correspondem às quatro componentes do TPACK (Niess,

2012a) e que são trabalhadas na formação inicial e defini subcategorias para estas categorias, que permitissem caracterizar e analisar com mais detalhe cada uma das componentes do TPACK. Quanto aos níveis, reconheci que os descritores propostos no modelo de Niess et al. (2009) afastavam-se um pouco do contexto de formação inicial onde a Experiência de Formação seria inserida e este modelo considera o TPACK só como o último nível de integração da tecnologia, pelo que descartei a opção de classificar os resultados segundo os níveis de avaliação do TPACK (Niess et al., 2009).

Finalmente, o Estudo Exploratório contribuiu para refletir no propósito e no *design* de algumas das tarefas, conforme o que era proposto no terceiro objetivo (OEE_3). Para a elaboração destas tarefas (descritas na seção 5.2.5 deste capítulo) tomei em consideração a natureza e objetivos de tarefas que a unidade curricular de DMII implementa ao longo do semestre letivo. Além disto, considerei os resultados obtidos das duas tarefas analisadas neste Estudo Exploratório. Por exemplo, devido aos FP terem evidenciado dificuldades na planificação de aulas, nomeadamente, dificuldades para planear estratégias de ensino diversificadas que integrem efetivamente a tecnologia e promovam a aprendizagem dos alunos, propõe-se a Tarefa T_I^2 (Anexo 8), que tem o propósito de levar os FP a refletirem sobre a integração da tecnologia num plano de aula, antes de serem solicitados a elaborarem um plano de aula que integre algum recurso tecnológico. Desta forma espera-se que os formandos tenham uma experiência prévia que sirva como marco de referência para resolver a tarefa de elaborar um plano de aula.

Também os dados do Estudo Exploratório revelaram que os FP, apesar de reconhecerem as potencialidades dos recursos tecnológicos, têm dificuldades em planificar atendendo a essas potencialidades para promover de maneira efetiva o uso desses recursos na aprendizagem dos alunos. Desta forma, é proposto na experiência de formação que as tarefas T_I^3 , T_I^4 e T_I^5 (ver seção 5.2.5 deste capítulo) incluam uma discussão coletiva, previamente planificada, a partir de questões que apelam a que os FP reconheçam as potencialidades e limitações de *softwares* específicos para a resolução de tarefas matemáticas. Espera-se que estas discussões conduzam os formandos a refletir mais profundamente sobre as suas conceções e a mobilizar o conhecimento relativo à integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

Além disto, a triangulação entre o enquadramento teórico que suporta a Experiência de Formação e os resultados obtidos no Estudo Exploratório, permitiu definir e delimitar

o objetivo e as questões de investigação que apresento, assim como também os objetivos de aprendizagem da própria Experiência de Formação (seção 5.2.3 deste capítulo).

5.2. Preparação do 1.º ciclo da Experiência de Formação

5.2.1. Aspetos gerais

A preparação do 1.º ciclo da Experiência de Formação decorreu entre agosto de 2016 e janeiro de 2017. Esta preparação estabeleceu as bases da experiência que foi implementada nos dois ciclos de realização, não obstante, houve um processo de reformulação da Experiência de Formação (seção 6.1 no capítulo 6) depois da análise retrospectiva do 1.º ciclo de experimentação e prévio ao 2.º ciclo de experimentação da experiência na sala de aula. Nesta seção apresentarei os aspetos considerados na preparação da Experiência de Formação, prévia à sua primeira experimentação na sala de aula.

Este processo de preparação teve por base a revisão de literatura (capítulos 2 e 3), principalmente os estudos empíricos que visavam promover e desenvolver o TPACK de futuros professores de Matemática, assim como também os princípios teóricos que orientam a formação inicial de professores de Matemática. Além disto, nesta fase de preparação foi também considerada a experiência de sala de aula que tive durante o Estudo Exploratório, os resultados obtidos do Estudo Exploratório e as constantes reuniões de planeamento com a professora coordenadora de DMII.

Durante estas reuniões com a professora coordenadora da unidade curricular, foram planeadas e discutidas as tarefas da Experiência de Formação, com a intenção de que cada tarefa esteja enquadrada dentro dos objetivos curriculares da DMII, assim como também foi discutido o roteiro das aulas de DMII, com o propósito de atender a uma das minhas preocupações como investigador: como inserir a Experiência de Formação, nomeadamente a sequência de tarefas que a compõem, dentro do roteiro da unidade curricular. Assim, como resultado destas reuniões, consegui de forma coordenada com a professora de DMII planejar o conjunto de tarefas que seriam realizadas e a condução na sala de aula (seções 5.2.5 e 5.2.6 deste capítulo) no que diz respeito ao quando e como cada uma dessas tarefas seria implementada nas aulas de DMII.

5.2.2. Considerações teóricas: um quadro teórico emergente

A primeira consideração teórica tem a ver com o objeto de estudo, que também é o objeto de aprendizagem que se pretende promover e desenvolver nos futuros professores através da Experiência de Formação – o TPACK. Assim, assume-se que o TPACK é um conhecimento resultante da integração simultânea entre Conteúdo, Pedagogia e Tecnologia (Mishra & Koehler, 2006), especificamente considerado como o conhecimento didático do professor necessário para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Este conhecimento estrutura-se em quatro componentes (Niess, 2012a): (i) concepções abrangentes sobre os propósitos de integrar a tecnologia no ensino da Matemática; (ii) conhecimento da compreensão, pensamento e aprendizagem da Matemática dos alunos quando usam tecnologia; (iii) conhecimento do currículo e materiais curriculares quando se integra a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática; e (iv) conhecimento de estratégias de ensino da Matemática quando se integra a tecnologia.

Uma vez definido o quê, planeia-se o como, ou seja, define-se uma abordagem de formação para desenvolver o TPACK dos futuros professores. Neste sentido, considera-se que neste estudo a Experiência de Formação segue um caminho onde o PCK e o TPACK dos futuros professores se desenvolvem e articulam em simultâneo (Koehler et al., 2014), através de estratégias que apelam ao uso da tecnologia no ensino e na aprendizagem de conteúdos matemáticos específicos, inseridas numa disciplina de didática da Matemática (Mouza, 2016). Estas estratégias de formação e aprendizagem envolvem a resolução de tarefas abertas, como explorações e investigações, que estimulam a autonomia e protagonismo dos futuros professores na sua aprendizagem, assim como também a participação dos futuros professores em espaços para a reflexão e a partilha de conhecimentos (Ponte & Chapman, 2008; Llinares & Krainer, 2006).

Além disso, a Experiência de Formação será conduzida por uma *Trajetória de Formação e Aprendizagem* (TFA) (Confrey & Maloney, 2010; Niess & Gillow-Wiles, 2014), que contempla três fases: (i) experiências iniciais, (ii) experiências de formação e aprendizagem, e (iii) experiências de produção. Cada uma destas três fases é composta por tarefas sequenciadas que têm o propósito de promover o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores. Defino a primeira fase como a fase de experiências iniciais porque está estruturada por tarefas que aproximam pela primeira vez os futuros

professores a questões relativas à integração da tecnologia na Educação Matemática. Com esta fase pretende-se despertar as concepções que os futuros professores têm sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática e articular essas concepções com o conhecimento didático que estes já adquiriram na sua formação anterior. Posteriormente, a segunda fase, chamada experiências de formação e aprendizagem, é composta por tarefas que apontam para um processo consolidado de formação e aprendizagem, que tem o propósito de promover o desenvolvimento do conhecimento tecnológico associado ao uso e exploração de ferramentas tecnológicas específicas e a articulação deste conhecimento com o conhecimento didático associado ao ensino e à aprendizagem da Matemática. Finalmente, temos a terceira fase da TFA, a qual nomeei de fase de experiências de produção porque as tarefas que estruturam esta fase têm como objetivo que os futuros professores produzam. É-lhes solicitado que elaborem propostas de ensino e aprendizagem da Matemática que envolvam o uso das tecnologias exploradas na fase anterior e realizem reflexões sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática, tendo por base as tarefas resolvidas nas fases anteriores. A Figura 5.14 mostra a natureza interativa entre estas três fases da TFA.

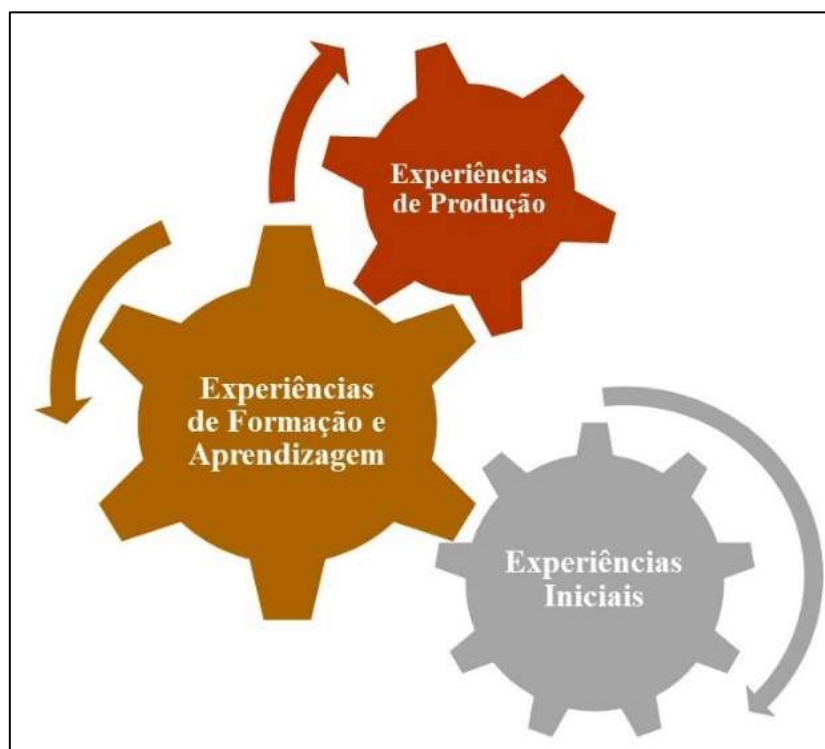


Figura 5.14. Trajetória de Formação e Aprendizagem da Experiência de Formação

Tendo em consideração o quê e o como, também importa definir teoricamente o onde, ou seja, o contexto no qual vai decorrer a Experiência de Formação. Neste estudo, considera-se a formação inicial de professores de Matemática como o contexto onde interagem de forma dinâmica os três agentes principais deste sistema: o futuro professor, o formador e o conhecimento profissional (Flores, 1998). Além disto, as interações e as estratégias de formação que têm lugar neste contexto devem ser orientadas por princípios respeitantes à formação inicial de professores, entre os quais destaco: a problematização de situações de ensino e aprendizagem da Matemática (Llinares, 2007), a colaboração entre os futuros professores, a integração entre conteúdo e pedagogia, a integração e uso de tecnologias para o ensino e aprendizagem da Matemática (Ponte, 2014).

Por último, foram também considerados os princípios sobre a integração da tecnologia na formação inicial de professores, como por exemplo, o uso da tecnologia para facilitar, inspirar e planear situações de aprendizagem (ISTE, 2008); e desenvolver competências nos futuros professores associadas à alfabetização digital (UNESCO, 2008).

Na Figura 5.15 apresento, de forma resumida, as ideias aqui expostas que constituem o quadro teórico que suporta a Experiência de Formação. Neste quadro podemos ver o quê, o que se visa desenvolver com a Experiência de Formação – o TPACK, o como é conduzida esta Experiência de Formação – através de uma Trajetória de Formação e Aprendizagem, e o onde decorre esta Experiência de Formação – num contexto de formação inicial de professores de Matemática. Procurou-se evidenciar, desta forma, a relação entre cada um dos elementos teóricos presentes no quadro.

No capítulo 8 este quadro teórico é analisado e discutido à luz dos resultados obtidos nos dois ciclos de experimentação na sala de aula da Experiência de Formação.

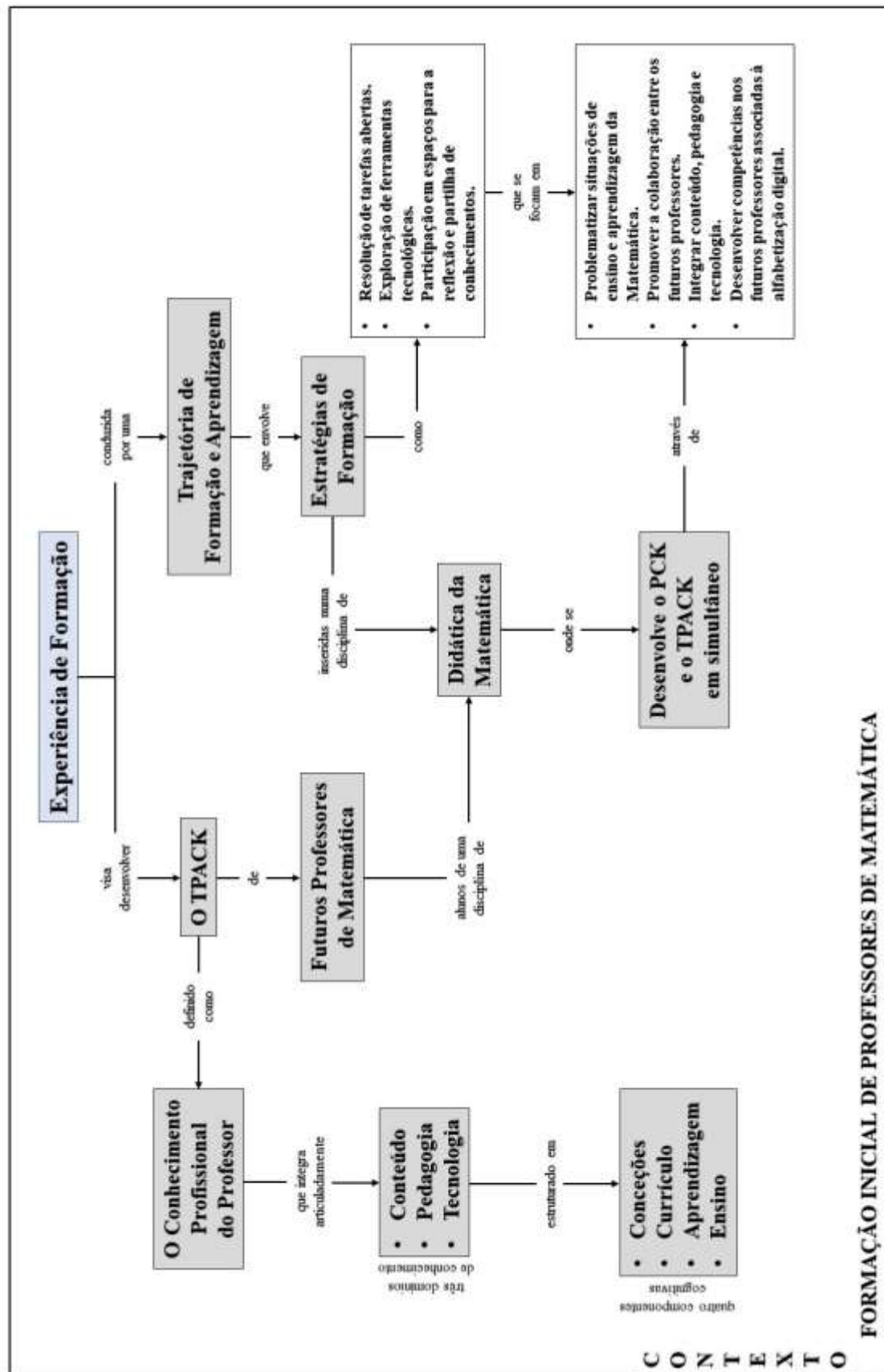


Figura 5.15. Quadro teórico que suporta a Experiência de Formação

5.2.3. Objetivos de aprendizagem da Experiência de Formação

Esta Experiência de Formação está enquadrada curricularmente no programa da DMII (ver seção 4.4.1) e o seu objetivo principal é desenvolver o TPACK de futuros professores de Matemática. Tendo em consideração que o desenvolvimento do TPACK envolve a articulação, isto é a integração simultânea e relacional, dos domínios do conhecimento profissional que compõem o TPACK. Além disto, considerando que as quatro componentes cognitivas do TPACK (Niess, 2012a) constituem a base sobre o que deve ser abordado para desenvolver o TPACK dos futuros professores de Matemática, defini que os quatro objetivos de aprendizagem (OA) desta Experiência de Formação proporcionarão aos futuros professores serem capazes de:

- OA1.** Aprimorar as suas conceções sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.
- OA2.** Articular o seu conhecimento tecnológico com o seu conhecimento sobre o currículo escolar da Matemática.
- OA3.** Articular o seu conhecimento tecnológico com o seu conhecimento sobre o processo de aprendizagem da Matemática.
- OA4.** Articular o seu conhecimento tecnológico com o seu conhecimento sobre o processo de ensino da Matemática.

Em termos de tópicos a trabalhar, o OA1 envolve o tema de tecnologia no ensino da Matemática. O OA2 apela ao trabalho em torno de gestão curricular, objetivos e metas curriculares, materiais e recursos digitais curriculares e avaliação das aprendizagens. Em relação ao OA3, os temas que abrange são compreensão matemática, estratégias de resolução de tarefas, dificuldades de aprendizagem, potencialidades da tecnologia para a aprendizagem de conteúdos matemáticos, e o uso da tecnologia por parte do aluno. Finalmente no OA4 são abordados os tópicos de estratégias metodológicas de ensino, planeamento de aulas, elaboração de tarefas, e o uso da tecnologia por parte do professor.

Além disto, também se espera que ao longo da Experiência de Formação os futuros professores trabalhem em colaboração com os pares, sejam autorreflexivos e críticos, resolvam com autonomia as tarefas propostas, participem ativamente das discussões de sala de aula, e desenvolvam autonomia no uso das tecnologias, nomeadamente, no uso de *software* específico para o ensino e a aprendizagem da Matemática.

5.2.4. Conjetura e princípios de *design*

Um dos aspetos centrais da IBD é a formulação de um ponto de partida que suporte a intenção da experiência, isto é, a formulação de uma conjectura de formação e aprendizagem (Cobb et al., 2003). À medida que a experiência é levada à sala de aula nos diferentes ciclos de experimentação, os princípios que sustentam a conjectura são refinados com a intenção de aperfeiçoá-los e produzir uma conjectura mais forte (Ponte et al., 2016).

Neste estudo, atendendo ao enquadramento teórico referido nos capítulos 2 e 3, nomeadamente o quadro teórico definido na seção 5.2.2 deste capítulo (ver Figura 5.15), assim como, considerando também as características do contexto observado no Estudo Exploratório e os objetivos de aprendizagem que se desejam atingir com a Experiência de Formação, construí um conjunto de cinco princípios de *design* que constituem a base da conjectura de formação e aprendizagem e que suportaram a realização do 1.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação.

- P1.** *Organizar sequencialmente as tarefas numa trajetória de formação e aprendizagem de três fases.* O TPACK é um conhecimento didático de natureza complexa e caracterizado por um desenvolvimento progressivo (Niess, 2012a; Niess et al., 2009) e, tendo em conta que para Confrey e Maloney (2010) uma trajetória de aprendizagem contribui para o desenvolvimento de conhecimentos cada vez mais complexos, tornou-se pertinente e adequado que o conjunto de tarefas que visam desenvolver o TPACK de futuros professores de Matemática fosse organizado de forma sequencial dentro de uma TFA. A estruturação da TFA em três fases de natureza distinta também contribui para o propósito de consolidar o TPACK dos futuros professores (Niess & Gillow-Wiles, 2014) de forma a que ao longo da Experiência de Formação os futuros professores mobilizem e articulem o seu conhecimento didático com o conhecimento tecnológico.
- P2.** *Usar tarefas abertas contextualizadas em situações da prática profissional docente.* As tarefas de natureza aberta, como as explorações ou investigações, promovem o desenvolvimento do conhecimento profissional dos professores (Llinares & Krainer, 2006). Neste caso, sendo o TPACK um conhecimento profissional que apela à prática do professor, a Experiência de Formação deve aproximar os futuros professores à realidade da sua futura prática no ambiente escolar (Ponte, 2014; Llinares, 2007). Assim, as tarefas procuram problematizar os conteúdos

matemáticos, o ensino e a aprendizagem da Matemática com situações, reais ou fictícias, que integrem o uso da tecnologia na sala de aula.

P3. *Promover a integração de conteúdo, pedagogia e tecnologia nas tarefas propostas.*

A integração articulada destes três domínios do conhecimento profissional do professor é a essência do TPACK (Mishra & Koehler, 2006), aqui articulada refere-se à integração simultânea e relacional entre estes domínios do conhecimento. Para Ponte (2014) os instrumentos de formação de professores, além de integrar conteúdo e pedagogia nas tarefas que se propõem, devem promover o uso de recursos e ferramentas tecnológicas. Portanto, as tarefas da Experiência de Formação promovem o desenvolvimento do conhecimento tecnológico e a sua articulação com o conhecimento matemático e didático, com o propósito de que os futuros professores consigam desenvolver competências digitais (UNESCO, 2008), como por exemplo, serem capazes de tomar decisões didáticas para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem de tópicos matemáticos específicos.

P4. *Promover o uso de diferentes tecnologias durante a resolução das tarefas.* Um dos princípios de *design* das tarefas da Experiência de Formação é promover a exploração de ferramentas tecnológicas diversificadas. Esta exploração envolve o uso de ferramentas *web* como plataformas digitais e fóruns *online*; o uso de dispositivos como os computadores; e o uso de *software* educacional como *Excel*, *TinkerPlotsTM*, *GeoGebra*, entre outros. A exploração de diferentes tecnologias por parte dos futuros professores promove o desenvolvimento do conhecimento tecnológico necessário para ser articulado com o seu conhecimento didático (Koehler et al, 2014; Niess, 2012a). Para a UNESCO (2008) os professores devem ter um processo de alfabetização digital para conhecer as diferentes tecnologias que estão disponíveis para o ensino e a aprendizagem dos conteúdos escolares.

P5. *Promover espaços dedicados à reflexão e partilha de conhecimentos.* Os processos de reflexão constituem um meio de desenvolvimento profissional dos futuros professores (Llinares & Krainer, 2006; Ponte & Chapman, 2008). A partir da Experiência de Formação promovem-se diferentes momentos para que os futuros professores reflitam sobre a sua própria aprendizagem, sobre a resolução das tarefas realizadas, e sobre a sua futura prática profissional. Além disto, também é

importante estabelecer espaços para a partilha de conhecimentos, sejam estes produtos da resolução das tarefas ou das próprias reflexões dos futuros professores, assumindo-se que num ambiente de colaboração todos têm algo para ensinar e para aprender (Ponte, 2014).

Desta forma, define-se que a conjectura inicial desta IBD é que *uma Experiência de Formação sustentada nestes cinco princípios de design contribui para promover o TPACK dos futuros professores de Matemática.*

5.2.5. Tarefas

De seguida apresento as tarefas da Experiência de Formação. Cada tarefa é denominada da forma T_c^n , onde “n” indica a ordem da tarefa dentro da sequência na TFA e “c” corresponde ao ciclo de experimentação na qual a tarefa foi implementada, neste caso correspondem às tarefas implementadas no 1.º ciclo de experimentação.

Na Figura 5.16 apresento a distribuição das tarefas dentro da TFA correspondente ao 1.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação. A primeira fase da TFA inclui duas tarefas, na segunda fase implementaram-se três tarefas e na terceira fase foram realizadas duas tarefas, num total de sete tarefas implementadas no 1.º ciclo de experimentação.

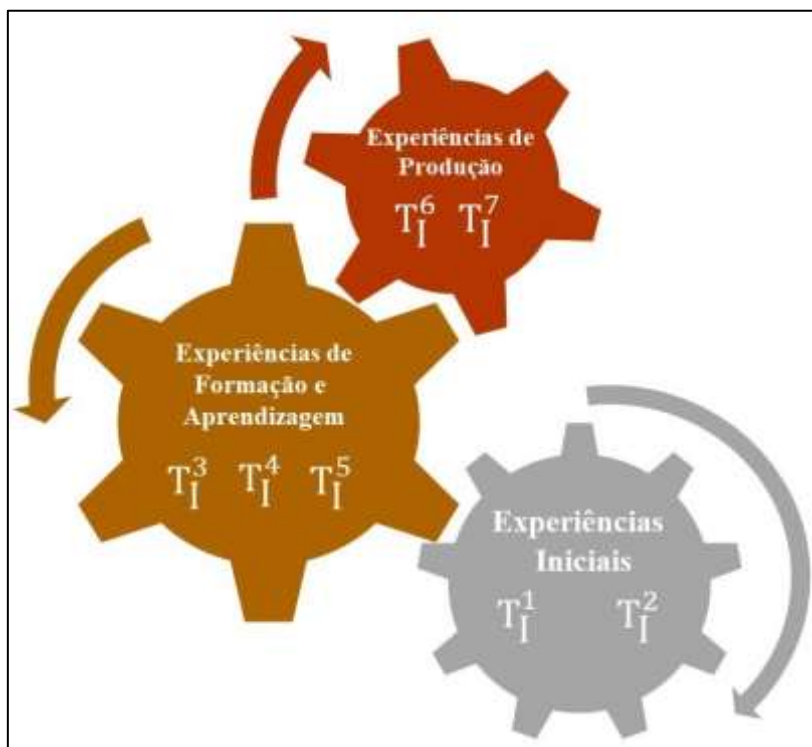


Figura 5.16. Sequência de tarefas na TFA no 1.º ciclo de experimentação

Cada uma das tarefas é descrita a partir de quatro aspetos: (i) contexto de realização (na sala de aula ou fora da sala de aula); (ii) descrição (indica em que consiste a tarefa); (iii) intervenção do formador (o meu papel como formador-investigador na realização da tarefa); e (iv) o objetivo da tarefa em função do que se quer promover com a sua resolução.

Fase 1 – Experiências Iniciais

T_I¹ *Discussão em fórum online de um texto (Anexo 7)*

- i.** *Contexto de realização.* Fora da sala de aula.
- ii.** *Descrição da tarefa.* Nesta tarefa é solicitado aos futuros professores a leitura de um texto (Amado & Carreira, 2008), no qual se discute a utilização que os professores dão ao computador na sala de aula. Depois da leitura do texto, é solicitado aos futuros professores a participarem num fórum de discussão *online* disponibilizado na plataforma *e-learning* da unidade curricular, indicando que se prevê um mínimo de três intervenções por cada participante, de tal maneira que cada um deve interagir com os comentários dos seus colegas e do moderador do fórum (o investigador). O fórum de discussão manteve-se aberto durante duas semanas para que os futuros professores registassem as suas várias intervenções.
- iii.** *Intervenção do formador.* Criar e lançar o fórum, propondo os temas para iniciar a discussão, dar seguimento às participações dos formandos no fórum e interagir com eles comentando as suas intervenções e incentivando-os a refletir e aprofundar as suas ideias.
- iv.** *Objetivos da tarefa.* (i) promover a articulação entre o conhecimento pedagógico dos futuros professores e o seu conhecimento tecnológico; e (ii) promover a reflexão (pessoal e coletiva) dos futuros professores sobre as suas conceções e experiências prévias em relação à integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

T_I² *Análise de um plano de aula focada na forma de integração da tecnologia (Anexo 8)*

- i.** *Contexto de realização.* Na sala de aula (duração aproximada de 100 minutos).
- ii.** *Descrição da tarefa.* Nesta tarefa é solicitado aos futuros professores que façam uma análise da integração da tecnologia num plano de aula disponibilizado, nomeadamente em aspetos como: as estratégias de ensino, as opções metodológicas com a tecnologia selecionada (no caso, *Excel*), o alinhamento da tecnologia

selecionada com os objetivos de aprendizagem propostos, e a forma como o uso da tecnologia promove a aprendizagem dos conteúdos matemáticos. Os futuros professores trabalham autonomamente em pares (ou tríades) na sua resolução. No final, eles participam de uma discussão coletiva sobre a análise feita por cada grupo.

- iii. *Intervenção do formador.* Elaborar a tarefa, selecionando o plano de aula que será analisado e as questões que guiam a sua análise; introduzir a tarefa na sala de aula; e dirigir a discussão coletiva no final da sessão.
- iv. *Objetivos da tarefa.* (i) promover a articulação do conhecimento didático e do conhecimento tecnológico dos futuros professores, através da promoção das capacidades relacionadas com o reconhecimento da estrutura e conteúdo das componentes de um plano de aula que integre tecnologia; (ii) explorar as concepções que os futuros professores têm sobre a integração da tecnologia na sala de aula, e (iii) promover a capacidade de analisar criticamente a forma como a tecnologia é integrada num plano de aula.

Fase 2 – Experiências de Formação e Aprendizagem

T_I³ *Introdução ao TinkerPlots*TM – A Gatária (Anexo 9)

- i. *Contexto de realização.* Na sala de aula (duração aproximada de 150 minutos).
- ii. *Descrição da tarefa.* Esta tarefa solicita aos futuros professores a resolução de uma investigação estatística, chamada *a Gatária*, com recurso ao *TinkerPlots*TM. Esta tarefa é proposta para ser resolvida em pares (ou tríades) e de forma autónoma, embora orientada em termos de ferramentas do *software* a usar por ser a primeira vez que os futuros professores contactam com o *software*. Posteriormente à sua resolução, os futuros professores participam de uma discussão coletiva sobre aspetos relacionados com a tarefa realizada, por exemplo, sobre as potencialidades e limitações do *software*, e as características que devem ter as tarefas para promover uma integração efetiva do *TinkerPlots*TM no ensino e na aprendizagem da Estatística.
- iii. *Intervenção do formador.* Apoiar e orientar o uso do *software*, nomeadamente, no esclarecimento de dúvidas ou questões que podem surgir durante a resolução da tarefa relativamente ao uso das ferramentas do *TinkerPlots*TM; dirigir a discussão coletiva no final da resolução da tarefa.

- iv. Objetivos da tarefa.** (i) promover o desenvolvimento do conhecimento tecnológico, produto da exploração do *TinkerPlots*TM; (ii) promover a articulação desse conhecimento tecnológico com o conhecimento do conteúdo e didático (no tema da Estatística) dos futuros professores; e (iii) promover o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores, relativo ao uso do *TinkerPlots*TM e a sua aplicabilidade no ensino e na aprendizagem da Estatística.

T_I⁴ Introdução ao GeoGebra – Investigando quadriláteros e pontos médios (Anexo 10)

- i. Contexto de realização.** Na sala de aula (duração aproximada de 150 minutos).
- ii. Descrição da tarefa.** Esta tarefa é composta por duas partes. Uma primeira parte consiste numa breve introdução ao *GeoGebra*, no que se refere ao *software*, à sua interface e às suas principais ferramentas, o que vai possibilitar um melhor aproveitamento do *software* por parte dos futuros professores na segunda parte da tarefa. Na segunda parte é solicitado aos futuros professores a resolução, em pares (ou tríades) e de forma autónoma, de uma tarefa enquadrada no tema de Geometria, chamada *Investigando quadriláteros e pontos médios*, utilizando o *GeoGebra*. Posteriormente à resolução da tarefa, solicita-se os futuros professores a participarem numa discussão coletiva sobre aspetos de carácter didático associados à integração do *software* explorado no ensino e na aprendizagem da Matemática.
- iii. Intervenção do formador.** Elaborar a tarefa, planificar e dirigir o momento de apresentação inicial do *GeoGebra*; introduzir a tarefa; apoiar e orientar o uso do *software*, nomeadamente, no esclarecimento de dúvidas ou questões que podem surgir durante a resolução da tarefa relativamente ao uso das ferramentas do *GeoGebra*; dirigir a discussão coletiva no final da resolução da tarefa.
- iv. Objetivos da tarefa:** (i) promover o desenvolvimento do conhecimento tecnológico, produto da exploração do *GeoGebra*; (ii) promover a articulação desse conhecimento tecnológico com o conhecimento do conteúdo e didático (no tema da Geometria) dos futuros professores; e (iii) promover o desenvolvimento do TPACK dos formandos, relativo ao uso do *GeoGebra* e a sua aplicabilidade no ensino e na aprendizagem da Matemática

T_I⁵ Uma tarefa do manual (Anexo 11)

- i.** *Contexto de realização.* Na sala de aula (duração aproximada de 150 minutos).
- ii.** *Descrição da tarefa.* Esta tarefa, realizada em pares (ou tríades), propõe aos futuros professores que selecionem uma tarefa de um manual escolar e que a adaptem de modo a criar um tipo de tarefa específico (problema, exploração ou investigação), que enquadrem curricularmente a tarefa (ano de escolaridade, conteúdos e objetivos de aprendizagem), e selecionem uma tecnologia apropriada para explorá-la (por exemplo, *Excel*, *TinkerPlots*, *GeoGebra* ou *Applets*), justificando as suas opções, incluindo as potencialidades da tecnologia selecionada para a aprendizagem e no ensino, discutindo igualmente a forma como implementariam a tarefa na sala de aula. Depois do trabalho autónomo por parte dos formandos, é-lhes solicitado participarem numa discussão coletiva em que cada grupo partilha o seu trabalho.
- iii.** *Intervenção do formador.* Elaborar a tarefa; introduzir a tarefa na sala de aula; e dirigir a discussão coletiva no final da resolução da tarefa.
- iv.** *Objetivos da tarefa.* (i) promover a articulação entre o conhecimento didático e o conhecimento tecnológico dos futuros professores na elaboração de uma tarefa; e (ii) promover o desenvolvimento do TPACK, relativo ao *Conhecimento para a Elaboração de Tarefas Matemáticas Digitais* dos futuros professores.

Fase 3 – Experiências de produção

T_I⁶ Elaboração de um plano de aula (Anexo 12)

- i.** *Contexto de realização.* Fora da sala de aula.
- ii.** *Descrição da tarefa.* Esta tarefa, realizada em pares (ou tríades), após o término das aulas da unidade curricular, consiste na elaboração de um plano para uma aula de 90 minutos, no qual se solicita aos futuros professores para indicarem como integram componentes curriculares (ano de escolaridade, objetivos de aprendizagem, metas, capacidades transversais), didáticos (metodologia de sala de aula, papel do professor e do aluno, dificuldades de aprendizagem) e tecnológicos (uso do *software* por parte do professor e do aluno).
- iii.** *Intervenção do formador.* Analisar a resolução da tarefa, neste caso analisar o plano de aula elaborado pelos futuros professores.

- iv. *Objetivos da tarefa.* (i) promover a articulação entre o conhecimento didático e o conhecimento tecnológico dos futuros professores na planificação de aulas; e (ii) promover o desenvolvimento do TPACK, relativo às capacidades para elaborar situações de aprendizagem que integrem efetivamente o uso da tecnologia.

T₁⁷ Reflexão final (Anexo 13)

- i. *Contexto de realização.* Fora da sala de aula.
- ii. *Descrição da tarefa.* Esta tarefa é proposta para ser realizada de forma individual. Através de um conjunto de questões, solicita-se aos futuros professores que elaborem um texto de natureza reflexiva tendo como base o trabalho realizado na Tarefa 6.
- iii. *Intervenção do formador.* Analisar a resolução da tarefa, neste caso analisar a reflexão elaborada pelos futuros professores à luz do plano de aula produzido na Tarefa 6.
- iv. *Objetivos da tarefa.* (i) promover a reflexão dos futuros professores sobre as suas conceções, aprendizagens, dificuldades e desafios sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

5.2.6. Planificação da experimentação na sala de aula

Tal como foi referido anteriormente, durante este processo de preparação da Experiência de Formação, tiveram lugar várias reuniões entre mim, como investigador-formador, e a professora coordenadora da DMII. Um dos produtos elaborados nestas reuniões consistiu na planificação das aulas da unidade curricular ao longo do semestre letivo.

Nesta planificação, a considerar como ponto de partida a sequenciação dos conteúdos programáticos da unidade curricular, definiu-se o momento em que cada uma das tarefas da Experiência de Formação seria implementada. Na Tabela 5.2 apresenta-se o percurso planeado que seguiu a unidade curricular de DMII para abordar os diferentes conteúdos do seu programa ao longo das 28 aulas de 120 minutos, e apresenta-se também o planeamento das intervenções associadas à Experiência de Formação, nomeadamente, a indicação das aulas destinadas para a resolução das tarefas.

Foi planeado que na primeira aula houvesse um momento de apresentação de um outro participante que estaria acompanhando o trabalho realizado na unidade curricular.

Este espaço seria aproveitado para apresentar-me aos futuros professores, explicar os objetivos da minha participação nas aulas e solicitar o pedido de consentimento e participação voluntária no estudo.

Além disso, foi também planeada a estratégia metodológica que seria seguida para implementar as tarefas na sala de aula, caracterizada principalmente por três momentos: introdução da tarefa por parte do formador, resolução da tarefa por parte dos futuros professores e discussão coletiva dirigida pelo formador e focada na partilha de resultados, conhecimentos e reflexões entre os futuros professores.

Como formador, preparei as formas de acompanhar os futuros professores durante a resolução das tarefas e as possíveis questões que gerariam discussões ricas segundo os objetivos pretendidos. Enquanto investigador, preparei as formas de recolher e registar os dados durante o desenvolvimento das aulas, nomeadamente através das notas de campo e gravações em áudio.

Tabela 5.2. Planificação curricular das aulas de DMII no 1.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação

Aula	Conteúdo do programa de DMII	Experiência de Formação
1	Apresentação da unidade curricular. Aprendizagem da Matemática: atividades matemáticas válidas.	Apresentação do investigador como observador participante das aulas. Pedido de consentimento e participação voluntária no estudo. Preenchimento do questionário .
2	Aprendizagem da Matemática: a natureza das tarefas, problemas e investigações matemáticas	T₁¹ <i>Discussão online de um texto</i> (abertura do fórum)
3	Aprendizagem da Matemática: nível cognitivo das tarefas.	
4	Aprendizagem da Matemática: integração da tecnologia no ensino da Matemática.	T₁² <i>Análise da integração da tecnologia num plano de aula.</i>
5	Aprendizagem da Matemática: investigações estatísticas.	
6-7	Aprendizagem da Matemática: investigações estatísticas com tecnologia.	T₁³ <i>Introdução ao TinkerPlots™ – A Gataria</i>
8-9	Aprendizagem da Matemática: comunicação, interação educativa, ensino exploratório	
10-13	Gestão Curricular: organização do trabalho na sala de aula, planificação do ensino da Matemática.	Apresenta-se o enunciado e pede-se para resolver (fora do horário letivo das aulas) a T₁⁶ <i>Elaboração de um plano de aula</i> que será apresentada nas últimas duas aulas.
14-15	Gestão Curricular: organização do trabalho na sala de aula, planificação do ensino da Matemática.	
16	Aprendizagem da Matemática: recursos (materiais manipuláveis).	
17-18	Aprendizagem da Matemática: recursos tecnológicos.	T₁⁴ <i>Introdução ao GeoGebra – Investigando quadriláteros e pontos médios</i>
19-20	Avaliação: normas, processos de avaliação reguladora, questionamento oral, feedback, critérios de avaliação.	
21	Aprendizagem da Matemática: manuais escolares.	
22-23	Aprendizagem da Matemática: manuais escolares (continuação).	T₁⁵ <i>Uma tarefa do manual</i>
24-26	Aprendizagem da Matemática: raciocínio matemático	
27-28	Apresentação Trabalho de Grupo. Balanço da unidade curricular.	Apresentação da T₁⁶ <i>Elaboração de um plano de aula</i> T₁⁷ <i>Reflexão final</i> Preenchimento do questionário final e participação da entrevista .

5.3. Primeiro ciclo de experimentação na sala de aula

5.3.1. Aspetos gerais

O 1.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação, em sala de aula, foi realizado no 2.º semestre do ano letivo 2016/2017, especificamente entre os meses de fevereiro e junho de 2017. Durante este período foram aplicadas sete tarefas, seguindo a planificação indicada no capítulo 5, e aplicados os instrumentos de recolha de dados previstos na metodologia do estudo (seção 4.3 no capítulo 4).

Neste 1.º ciclo de experimentação, participaram seis futuras professoras (ver descrição dos participantes na seção 4.4.2 do capítulo 4). Vou referir as participantes com nomes fictícios (Patrícia, Cristina, Sara, Vitória, Marta e Paula) para manter o anonimato e salvaguardar a sua privacidade.

Tal como indicado na planificação (ver Tabela 5.2 no capítulo 5), o momento de realização das tarefas da Experiência de Formação foi discutido e definido previamente entre mim, como investigador, e a professora coordenadora da DMII. Desta forma, garantiu-se que o conhecimento didático, necessário para que os futuros professores conseguissem resolver cada uma das tarefas, já tinha sido abordado na unidade curricular e, assim, eles puderam mobilizar e articular esse conhecimento didático com o novo conhecimento que é promovido na Experiência de Formação.

No geral, as aulas seguiram uma abordagem metodológica baseada no ensino exploratório. Nesta abordagem distinguem-se três momentos importantes que ocorrem na sala de aula, sendo o primeiro deles a apresentação e introdução da tarefa por parte do formador, onde são dadas as instruções que se devem considerar para resolver a tarefa. Além disto, as tarefas foram apresentadas como um desafio para os futuros professores, apelando para a resolução de algum problema, exploração ou investigação de um assunto.

O segundo momento teve o propósito de envolver ativamente os futuros professores nas aulas, promovendo o seu protagonismo e a sua autonomia durante a resolução da tarefa. Este momento foi sempre o que ocupou mais tempo de aula e caracterizou-se pela exploração e resolução das tarefas, frequentemente a pares. Nesta parte da aula a professora da disciplina colaborou com o investigador-formador no acompanhamento do trabalho autónomo dos futuros professores, ajudando-os nas questões que surgiram, observando as discussões entre as duplas de trabalho e orientando-os a cumprir com o

pretendido pela tarefa no tempo determinado. Durante este momento de resolução da tarefa, como investigador, estive sempre atento a observar e registar informação pertinente para o estudo, o que me permitiu identificar não só o conhecimento mobilizado pelos futuros professores para resolver a tarefa, mas também detetar as dificuldades que eles tiveram para resolvê-la e as limitações da própria tarefa.

Finalmente, após a resolução de cada tarefa, teve lugar uma discussão coletiva entre os futuros professores, dirigida pelo investigador em colaboração com a professora coordenadora da unidade curricular. Este momento consistiu num espaço de reflexão onde se promoveu a partilha de conhecimentos e dos resultados obtidos. As discussões, gravadas em áudio, por um lado permitiram aos futuros professores apresentar e fundamentar as suas resoluções das tarefas e, por outro lado, permitiram ao investigador identificar conceções dos futuros professores e o conhecimento mobilizado por eles na resolução das tarefas.

Esta abordagem metodológica de ensino exploratório seguida na Experiência de Formação, constituiu um marco de referência para os formandos sobre como promover a aprendizagem da Matemática através de uma abordagem exploratória que integra a tecnologia, o que consequentemente pode motivar os futuros professores a adotar esta metodologia na sua prática profissional futura.

5.3.2. Análise da experimentação

Tendo em conta as constantes reflexões feitas ao longo deste 1.º ciclo de experimentação e com base nos registos feitos nas notas de campo durante a observação das aulas, particularmente durante a implementação das tarefas, consegui recolher informação que me permitiu analisar esta fase de experimentação da Experiência de Formação. Esta análise reflexiva tem por base a resolução das tarefas por parte das futuras professoras (FP) e os cinco princípios de *design* definidos na preparação da Experiência de Formação (seção 5.2.4 no capítulo 5).

As tarefas

Das sete tarefas realizadas neste 1.º ciclo de experimentação, duas tarefas (T_1^1 e T_1^7) foram realizadas individualmente, as restantes foram realizadas a pares (Patrícia e Cristina, Sara e Vitória, Marta e Paula). Três das tarefas foram realizadas fora da sala de aula (T_1^1 , T_1^6 e T_1^7), e quatro foram resolvidas na sala de aula. Destas quatro tarefas, uma

delas (T_1^2) resolveu-se numa aula, enquanto as outras três tarefas (T_1^3 , T_1^4 e T_1^5) ocuparam o tempo de duas aulas: uma sessão completa de 120 minutos, mais 30 minutos da sessão seguinte.

Em termos gerais, as duas tarefas (T_1^1 e T_1^2) da primeira fase da TFA, tal como foi previsto, promoveram a mobilização das concepções das FP e a sua articulação com o seu conhecimento didático. Estas concepções mostraram estar bem suportadas pelas experiências prévias das FP como alunas e no uso quotidiano da tecnologia. Além disto, a T_1^1 constituiu-se como uma importante tarefa de “quebra-gelo” pois promoveu a interação entre as FP, e entre elas e o investigador, pelo que considero importante que esta tarefa se mantenha na Experiência de Formação, mantendo tanto a sua estrutura como a sua implementação no 2.º ciclo de experimentação na sala de aula.

Quanto à T_1^2 , a realização da tarefa consistiu um desafio para as FP, visto que foi o primeiro contato com um plano de aula que integra o uso da tecnologia para o ensino e a aprendizagem da Estatística, nomeadamente, os conceitos de média e as representações gráficas, entre eles o diagrama de extremos e quartis, utilizando o *Excel*. Nesta tarefa foi pedido às FP para analisarem este plano de aula, focando-se na forma em como era integrada a tecnologia. Isto foi solicitado antes de serem abordados os aspetos associados à planificação de aulas com o propósito de oferecer uma experiência prévia com planos de aula, que fosse um ponto de partida a ter em conta quando as FP elaborassem um plano de aula que integre o uso da tecnologia, na resolução da T_1^6 .

Durante a resolução desta tarefa observei que, ainda que não tenha sido indicado no enunciado da tarefa, todos os pares optaram por resolver a tarefa proposta no plano de aula antes de responder às questões que orientavam a análise do plano. Este facto evidenciou que as FP tinham conhecimento considerável da ferramenta *Excel* e que reconheceram que para uma seleção eficaz de um recurso é necessário saber como a ferramenta pode apoiar a resolução de uma tarefa. Questionadas sobre o porquê desta decisão, as FP indicaram que resolver a tarefa lhes permitiria compreender melhor a estrutura do plano de aula, nomeadamente a adequabilidade das opções didáticas nele descritas. Além disto, embora as FP tenham conseguido resolver a tarefa, durante a sua resolução levantaram-se algumas questões associadas ao entendimento do enunciado da tarefa, pois as FP tiveram dificuldades em perceber o que deviam fazer. Interpreto que

isto resulta da pouca experiência que elas têm com planos de aula e, portanto, a resolução da tarefa não foi tão enriquecedora como era de esperar.

Deste modo, o facto das FP optarem por resolver a tarefa que era proposta no plano de aula e focarem o seu trabalho no uso do *Excel* para, na posição de alunos, resolverem o que era pedido, foi o que orientou a reformulação desta tarefa. Portanto decidi alterá-la e dividir esta tarefa em duas tarefas. Uma tarefa (T_{II}^3 – Anexo 15) focada na exploração e uso do *Excel* para resolver uma questão estatística e discutir aspetos didáticos sobre a integração da tecnologia na tarefa. E uma segunda tarefa (T_{II}^4 – Anexo 8), que solicitava aos FP para analisarem o plano de aula que orientava a implementação, hipotética desta tarefa estatística na sala de aula, tarefa esta que foi proposta para ser realizada após se tenha trabalhado a planificação na unidade curricular.

As tarefas correspondentes à segunda fase da TFA cumpriram, em termos gerais, o objetivo principal pretendido: promover o desenvolvimento do TPACK através de experiências de formação e aprendizagem que envolvem o uso de ferramentas tecnológicas específicas. Nomeadamente, a exploração do *TinkerPlots*TM (T_I^3) e do *GeoGebra* (T_I^4), foram oportunidades enriquecedoras para os FP e que promoveram o desenvolvimento do seu conhecimento tecnológico em articulação do seu conhecimento didático sobre conteúdos matemáticos específicos.

No caso do *TinkerPlots*TM, previamente à realização da T_I^3 , na unidade curricular, foram abordadas as investigações estatísticas e as suas potencialidades para a aprendizagem da Estatística, em articulação com uma reflexão sobre o uso da tecnologia, nomeadamente no ensino e na aprendizagem da Estatística, que foi promovido nas duas tarefas anteriores. Foi proposto às FP para explorarem o *software* *TinkerPlots*TM enquanto resolviam uma tarefa exploratória focada nos conceitos de média, moda, mediana e nas representações estatísticas. Esta exploração foi o primeiro contacto das FP com este programa e, portanto, por um lado, desde a apresentação da tarefa, as FP estavam motivadas para resolvê-la, mostrando interesse em conhecer, explorar e interagir com um “novo” *software*. Por outro lado, durante o trabalho autónomo, a pares, em que as FP exploraram este programa, elas tiveram certas dificuldades iniciais associadas ao uso das ferramentas do *TinkerPlots*TM que deviam usar para resolver a tarefa, tendo este momento sido aproveitado pelo investigador e a professora coordenadora da DMII para orientar o trabalho das FP.

Na resolução da T_I^4 , durante a exploração do *GeoGebra*, foram poucas as questões que as FP levantaram em relação ao uso deste *software*, devido ao facto de que nas três duplas de trabalho, pelo menos uma das FP já tinha algum conhecimento ou experiência prévia com este *software*, o que permitiu um melhor aproveitamento do tempo e do trabalho realizado.

Considerando que a implementação destas duas tarefas correu como foi planeado e que estas ferramentas tecnológicas foram muito bem aceites pelas FP, não foram alteradas em estrutura nem em metodologia de experimentação da sala de aula, pelo que se mantêm para o 2.º ciclo de experimentação. Não obstante, foi alterada a sua ordem dentro da sequência de tarefas da TFA. No caso da T_I^3 passará a ser a oitava tarefa T_{II}^8 (Anexo 9), última tarefa da segunda fase da TFA, deixando o TinkerPlots™ como a última tecnologia a explorar na sala de aula. O propósito desta alteração é o de que a resolução das tarefas anteriores a esta permitam que os FP desenvolvam certas habilidades e capacidades tecnológicas associadas ao uso do computador para explorar um *software* dinâmico que lhes possibilitem aproveitar melhor a exploração do TinkerPlots™. Quanto à T_I^4 , será a T_{II}^5 (Anexo 10), colocando o *GeoGebra*, como o segundo programa a explorar na sala de aula, depois do *Excel*, considerando o facto de ser um *software* comumente conhecido na Educação Matemática.

Em relação à T_I^5 , esta visava promover a articulação entre o conhecimento didático e o conhecimento tecnológico dos FP na elaboração de uma tarefa matemática que envolvesse o uso de uma ferramenta tecnológica. Na aula anterior foi pedido às FP para levarem manuais escolares que seriam usados para seleccionar uma tarefa que posteriormente seria adaptada por elas visando integrar um recurso tecnológico adequado para a sua resolução. Sendo assim, na aula em que decorreu a resolução da T_I^5 , cada dupla de trabalho tinha entre 3 a 4 manuais escolares, fator que influenciou as FP a demorarem mais do que era esperado na seleção de uma tarefa de um dos manuais escolares. Portanto, para o 2.º ciclo de experimentação, será solicitado aos FP levarem um único manual escolar por pessoa. Além disso, para orientar a seleção de uma tarefa, o enunciado da T_I^5 foi alterado, acrescentando uma questão inicial que solicita aos FP seleccionarem um conceito do currículo de Matemática e analisarem como esse conceito é apresentado e desenvolvido no manual escolar. Posteriormente, é pedido aos FP para seleccionarem uma tarefa sobre o conceito seleccionado. Espera-se que isto contribua para um melhor

aproveitamento do tempo e seja o suporte da seleção da tarefa que será a base do trabalho a desenvolver pelos FP para integrar a tecnologia numa proposta de ensino e aprendizagem da Matemática. A ordem desta tarefa dentro da TFA também será alterada, passará a ser a nona tarefa do 2.º ciclo de experimentação (T_{II}^9 – Anexo 18) e a primeira tarefa da terceira fase da TFA, devido a ter-se verificado ser uma tarefa que promove as experiências de produção nos FP e a sua resolução será melhor depois de os FP terem trabalhado as várias ferramentas tecnológicas para poderem ter uma variedade maior de ferramentas a seleccionar.

No que diz respeito à T_I^6 , foi uma tarefa realizada conforme o que se esperava, as FP não mostraram dificuldades para resolver a tarefa apesar de associada ao trabalho em grupo e num contexto fora de sala de aula. Observei, inclusive, que as FP conseguiram entender-se bem e coordenar o trabalho, o que lhes permitiu resolver a tarefa conforme o que era esperado: elaborar um plano de aula que integre o uso de uma ferramenta tecnológica. Não entanto, o enunciado desta tarefa e ordem dentro da TFA foram alterados, de modo que no 2.º ciclo de experimentação será solicitado aos FP elaborarem um plano de aula que tenha por base a tarefa matemática que adaptaram e elaboraram durante a resolução da tarefa anterior. Isto é, no 2.º ciclo de experimentação a T_I^6 passará a ser a T_{II}^{10} (Anexo 19) e consistirá na elaboração de um plano de aula sobre a tarefa matemática produto da resolução da T_{II}^9 . Com isto se espera que as tarefas dentro da TFA não estejam só sequencialmente ordenadas, mas que também estejam ligadas entre si, com o propósito de consolidar o trabalho que os FP estão a desenvolver ao longo da Experiência de Formação.

Finalmente, em relação à T_I^7 , esta consistia num pedido às FP para elaborarem uma reflexão escrita e individual sobre a tarefa da planificação de uma aula. Esta tarefa constituiu-se como uma fonte importante para a recolha de concepções e considerações pessoais por parte das FP em relação às experiências vivenciadas ao longo da Experiência de Formação, tendo por base o uso e exploração de diferentes ferramentas tecnológicas. Portanto, tendo em conta que as FP incluíram na sua reflexão outros aspetos além do que era esperado, mas ainda assim úteis, o enunciado desta tarefa foi alterado e no 2.º ciclo de experimentação será pedido aos FP para elaborarem uma reflexão global sobre a sua participação na Experiência de Formação.

Além disto, esta reflexão continuará a ser individual, mas não escrita, pelo que se solicitará aos FP elaborarem a reflexão através de um vídeo. Com isto se espera promover o uso de outros recursos tecnológicos disponíveis para a Educação Matemática, como os programas de criação e edição de vídeos. A ordem desta tarefa também foi alterada, de modo que a T_I^7 passará a ser a T_{II}^{11} (Anexo 20) no 2.º ciclo de experimentação.

Os princípios de design

P1. Organizar sequencialmente as tarefas numa trajetória de formação e aprendizagem de três fases.

O primeiro princípio diz respeito à sequenciação das tarefas e à organização dentro da estrutura de uma TFA de três fases. A experimentação na sala de aula, neste 1.º ciclo de experimentação, confirmou que este princípio suportou o *design* metodológico da sequência das tarefas da Experiência de Formação e constatou os três momentos diferentes desta experiência. De modo que este princípio não sofre alterações quanto ao seu enunciado, mas sim quanto às tarefas que compõem cada uma das fases da TFA. Portanto, refletindo sobre as três fases desta TFA e sobre as tarefas que compõem cada fase, identifiquei que era preciso acrescentar o número de tarefas em cada uma das fases com o propósito de reforçar os objetivos a desenvolver em cada fase e, principalmente, aumentar as oportunidades para que os FP desenvolvam e consolidem o seu TPACK.

No caso da primeira fase da TFA, decidi acrescentar mais uma tarefa (T_{II}^2 – Anexo 14) que visa promover a reflexão e discussão coletiva entre os FP sobre os diferentes recursos tecnológicos que podem ser usados nas aulas de Matemática. Esta passará a ser a segunda tarefa da Experiência de Formação, pelo que se espera que a tarefa seja um ponto de partida da discussão sobre ferramentas tecnológicas disponíveis para o ensino e a aprendizagem da Matemática e que permita ter uma referência sobre aquelas que os FP já conhecem ou estão interessados em conhecer.

Na segunda fase da TFA, o objetivo é promover o desenvolvimento do TPACK através de experiências de formação e aprendizagem que envolvam a exploração de ferramentas tecnológicas e a sua integração na Educação Matemática. De acordo com o pretendido, tendo em consideração que as FP referiram que conheciam poucas ferramentas tecnológicas, refleti que as duas tarefas (T_I^3 e T_I^4) que promoviam a exploração de tecnologia específica para o ensino e a aprendizagem da Matemática não

seriam suficientes para consolidar a formação dos FP no uso da tecnologia e, com isto, promover o desenvolvimento do TPACK. Portanto decidi aumentar o número de tarefas, acrescentando mais duas tarefas (T_{II}^6 e T_{II}^7) que promovessem a exploração de outras tecnologias para além do *GeoGebra* e do *TinkerPlots*TM. Com estas tarefas será integrado na Experiência de Formação a exploração e uso da calculadora gráfica (T_{II}^6 – Anexo 16) e de *applets* (T_{II}^7 – Anexo 17).

Finalmente na terceira fase da TFA, verificou-se que a planificação de aulas e reflexão sobre situações de ensino e aprendizagem que integrem a tecnologia são as tarefas mais adequadas para desenvolver os conhecimentos adquiridos pelos futuros professores após um processo de formação. Portanto, tal como foi descrito anteriormente, a T_I^5 que solicitava a elaboração de uma proposta de ensino e aprendizagem centrada na resolução de uma tarefa matemática que integre o uso da tecnologia, passará a ser a primeira tarefa (T_{II}^9) desta terceira fase da TFA. Além disto, como esta terceira fase da TFA tem o objetivo de promover experiências de produção que incentivam os processos de criação e elaboração nos FP, foi acrescentada mais uma tarefa (T_{II}^{12} – Anexo 20) na qual é pedido aos FP para criarem uma página *web* através da plataforma *WIX*⁶ na elaboração de um *e-portefólio*. Além disto, espera-se que com a elaboração do *e-portefólio*, seja considerado o uso da tecnologia na avaliação das aprendizagens.

P2. Usar tarefas abertas contextualizadas em situações da prática profissional docente.
--

Com respeito ao segundo princípio de *design*, o facto de as tarefas serem de natureza aberta, contribuiu para promover a mobilização dos conhecimentos das FP de forma autónoma durante a resolução das tarefas. Não obstante, apesar de se ter procurado que todas as tarefas se situassem em diferentes contextos da prática profissional do professor, os dados evidenciam que faltou aprofundar este aspeto, no sentido de que os contextos se focassem em mais aspetos da realidade da sala de aula, nomeadamente contextos onde a tecnologia esteja presente. Por exemplo, durante o acompanhamento que dei, junto com a professora da turma, às FP, enquanto elas resolviam tarefas como T_I^3 , T_I^4 e T_I^5 , identificou-se que tinham dificuldades em reconhecer possíveis dificuldades de aprendizagem que os alunos poderiam ter na sala de aula quando usavam a tecnologia

⁶ Plataforma disponível em <https://pt.wix.com/>

e mostraram limitações para estabelecer estratégias de ensino diferenciadas e específicas para que o professor integrasse eficientemente a tecnologia nas aulas de Matemática.

Interpreto que isto se deve, por um lado, às FP que têm pouca ou nenhuma experiência em sala de aula e, por outro lado, às tecnologias usadas nas tarefas propostas, se bem que inovadoras, também eram muito diferentes daquilo que estavam acostumadas a usar enquanto alunas. Portanto, foi pensado para o 2º, ciclo de experimentação que uma das tarefas que seriam adicionadas à Experiência de Formação integre o uso da calculadora (T_{II}^6 – Anexo 16), por ser esta uma das tecnologias mais usada nas aulas de Matemática e referida no programa escolar. Além disto, esta tarefa iria aproximar ainda mais os FP com a realidade das aulas, oferecendo a oportunidade de analisar episódios reais de uma aula onde os alunos da escola usam a calculadora para resolver uma tarefa matemática, discutindo as suas dificuldades. Assim, este princípio é refinado, apelando para que os contextos das tarefas prevejam o uso da tecnologia na sala de aula por parte do professor e do aluno.

P3. Promover a integração de conteúdo, pedagogia e tecnologia nas tarefas propostas.

O terceiro princípio é fundamental para o desenvolvimento e consolidação do TPACK dos FP. A integração do conteúdo, da pedagogia e da tecnologia esteve sempre presente nas tarefas propostas. Não obstante, este princípio é muito geral, a análise de dados verificou que, assim como se fundamenta na teoria de Niess (2012a), a integração destas três dimensões do conhecimento profissional do professor pode definir-se a partir de quatro componentes do TPACK. Portanto, o refinamento deste princípio de *design* deu lugar ao surgimento de três novos princípios (ver seção 5.3.3 deste capítulo) que suportarão o *design* da reformulação da Experiência de Formação e estão fundamentados nas componentes cognitivas do TPACK (Niess, 2012a). Portanto, com a formulação destes novos princípios procurar-se-á não só especificar em que consiste a integração entre conteúdo, pedagogia e tecnologia, mas também se pretenderá promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e as concepções dos FP, o seu conhecimento curricular e o seu conhecimento didático sobre o ensino e a aprendizagem da Matemática.

P4. Promover o uso de diferentes tecnologias durante a resolução das tarefas.

O quarto princípio de *design* visa promover o uso de diferentes tecnologias durante a resolução das tarefas. Este primeiro ciclo de experimentação envolveu o uso explícito de quatro tecnologias diferentes (uma plataforma digital para participar num fórum, o *Excel*, o *GeoGebra* e o *TinkerPlotsTM*), implicitamente esteve envolvido o uso do computador e de programas de processador de texto como *Word* e *PowerPoint*. Porém, para consolidar e aprimorar o desenvolvimento do conhecimento tecnológico e a sua articulação com o conhecimento didático dos FP, considere-se que ainda é preciso oferecer aos FP um conjunto mais completo de tecnologias disponíveis para o ensino e a aprendizagem da Matemática, pelo que no 2.º ciclo de experimentação foi incluído o uso de mais três ferramentas tecnológicas: as *applets*, a calculadora gráfica e a plataforma *WIX*, como ferramenta para a criação do *e-portefólio*. Além disso, o próprio princípio de *design* sofreu uma reformulação com a intenção de salientar que a promoção do uso de diferentes tecnologias tem o propósito de aprimorar o desenvolvimento do conhecimento tecnológico nos FP de Matemática.

P5. Promover espaços dedicados à reflexão e partilha de conhecimentos.

Finalmente, os dados evidenciaram que o quinto princípio de *design* foi evidenciado com sucesso, pois ao longo da Experiência de Formação tiveram lugar diferentes espaços de reflexão e partilha de conhecimentos que contribuíram não só para a recolha de dados, mas também para aprimorar as conceções e os conhecimentos das FP. Assim, para promover ainda mais os espaços de reflexão e partilha de conhecimentos, decidi acrescentar mais uma tarefa (**T_{II}¹²** – Anexo 20) que visa promover a reflexão individual e coletiva entre os FP sobre a sua participação na Experiência de Formação através da criação de um *e-portefólio*, utilizando ferramentas tecnológicas associadas à criação de páginas *web*. Além disso, este espaço virtual permitirá levar a discussão e a reflexão, individual e coletiva, para fora da sala de aula, com o apoio de uma ferramenta tecnológica: a plataforma *WIX*.

5.3.3. Refinamento da conjectura e dos princípios de *design*

Na seção anterior, os cinco princípios de *design* que definem a conjectura de formação e aprendizagem que suportou o 1.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação na sala de aula, foram revistos e passaram por um processo de refinamento.

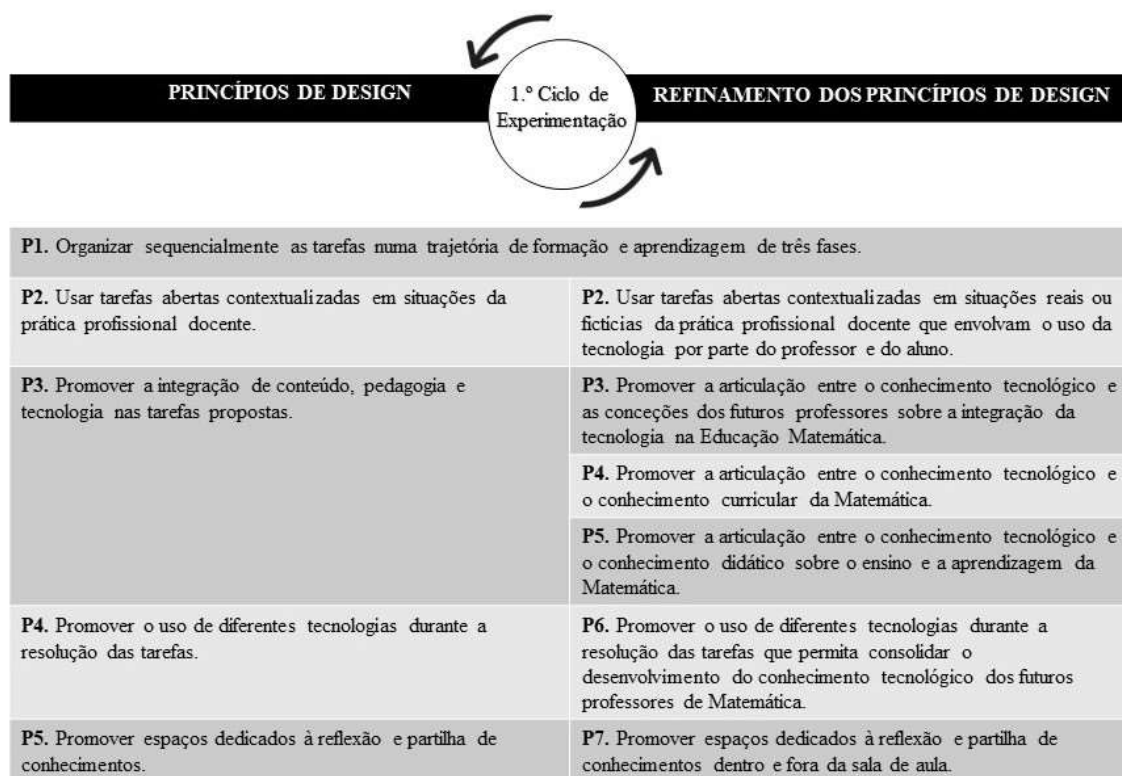
Consequentemente, o resultado deste processo de refinamento deu lugar à formulação dos seguintes sete princípios de *design*:

- P1.** Organizar sequencialmente as tarefas numa trajetória de formação e aprendizagem de três fases.
- P2.** Usar tarefas abertas contextualizadas em situações reais ou fictícias da prática profissional docente que envolvam o uso da tecnologia por parte do professor e do aluno.
- P3.** Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e as concepções dos futuros professores sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática.
- P4.** Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e o conhecimento curricular da Matemática.
- P5.** Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e o conhecimento didático sobre o ensino e a aprendizagem da Matemática.
- P6.** Promover o uso de diferentes tecnologias durante a resolução das tarefas que permita desenvolver o conhecimento tecnológico dos futuros professores de Matemática.
- P7.** Promover espaços dedicados à reflexão e partilha de conhecimentos dentro e fora da sala de aula.

Portanto, define-se a conjectura que suportará o 2.º ciclo de *design* desta IBD como: *uma Experiência de Formação sustentada nestes sete princípios de design contribui para promover o TPACK dos futuros professores de Matemática.*

Na Tabela 5.3 apresenta-se a comparação entre os princípios de *design* formulados antes do 1.º ciclo de experimentação, com os princípios de *design* obtidos após a análise e refinamento do 1.º ciclo de experimentação na sala de aula.

Tabela 5.3. Refinamento dos princípios de *design* após o 1.º ciclo de experimentação



Com isto se conclui o 1.º ciclo de *design* desta Experiência de Formação e passa-se ao 2.º ciclo de *design*, que começa com a reformulação da Experiência de Formação, envolvendo a preparação e planificação das tarefas que serão implementadas na sala de aula. Posteriormente, terá lugar o 2.º ciclo de experimentação na sala de aula da Experiência de Formação e o processo de análise desta segunda experimentação que conduz ao refinamento da conjectura e dos princípios de *design*.

CAPÍTULO 6

SEGUNDO CICLO DE *DESIGN*

Este capítulo estrutura-se em duas seções. Na primeira seção, apresento a preparação do 2.º ciclo da Experiência de Formação, a reformulação das tarefas e da planificação da experiência na sala de aula. Na segunda seção, descrevo a realização do 2.º ciclo de experimentação e a sua análise respetiva, concluindo com a revisão dos princípios de *design* e o refinamento da conjectura de formação.

6.1. Preparação do 2.º ciclo da Experiência de Formação

6.1.1. Aspetos gerais

A preparação do 2.º ciclo consistiu na reformulação da Experiência de Formação, que decorreu entre novembro de 2017 e janeiro de 2018 e tem como ponto de partida a fase de preparação da Experiência de Formação (seção 5.2 no capítulo 5) e considera a análise retrospectiva do 1.º ciclo de experimentação da sala de aula (seção 5.3 no capítulo 5). Esta reformulação consistiu principalmente em reformular algumas tarefas e na inclusão de mais tarefas nas distintas fases da TFA que compõem a Experiência de Formação, assim como o planeamento da condução das tarefas na sala de aula.

Durante este processo, realizei reuniões de planeamento com a professora coordenadora de DMII com o propósito de coordenar as alterações às tarefas, definir as novas tarefas que se implementariam no 2.º ciclo de experimentação na sala de aula, e planear o momento e o modo em que cada tarefa seria implementada nas aulas da unidade curricular.

6.1.2. Tarefas

Depois da análise e discussão da implementação das tarefas no 1.º ciclo de experimentação (seção 5.3.2), apresento na Tabela 6.1 as tarefas que integram o 2.º ciclo da Experiência de Formação e a sua relação com as tarefas do 1.º ciclo, indicando o nome da tarefa e algumas observações respeitantes às alterações realizadas. Esta tabela também mostra a sequência das tarefas neste 2.º ciclo da Experiência de Formação.

Tabela 6.1. Tarefas do 1.º ciclo e do 2.º ciclo de experimentação

1.º Ciclo	2.º Ciclo	Nome da tarefa e observação
T_I^1	T_{II}^1	<i>Discussão em fórum online de um texto.</i> A tarefa não foi alterada entre um ciclo e outro.
	T_{II}^2	<i>Tipos de recursos tecnológicos.</i> A tarefa foi adicionada no 2.º ciclo.
	T_{II}^3	<i>Análise da integração da tecnologia numa tarefa matemática.</i> A tarefa foi adicionada no 2.º ciclo produto da reformulação da T_I^2 .
T_I^2	T_{II}^4	<i>Análise de um plano de aula focada na forma de integração da tecnologia.</i> A tarefa articula-se com a T_{II}^3 , segue no 2.º ciclo conforme a indicado na T_I^2 .
T_I^4	T_{II}^5	<i>Introdução ao GeoGebra – Investigando quadriláteros e pontos médios.</i> A tarefa não foi alterada entre um ciclo e outro, apenas mudou a sua ordem dentro da TFA.
	T_{II}^6	<i>Vamos a usar a calculadora.</i> A tarefa foi adicionada no 2.º ciclo.
	T_{II}^7	<i>Exploração de applets.</i> A tarefa foi adicionada no 2.º ciclo.
T_I^3	T_{II}^8	<i>Introdução ao TinkerPlotsTM – A Gatária.</i> A tarefa não foi alterada entre um ciclo e outro, apenas mudou a sua ordem dentro da TFA.
T_I^5	T_{II}^9	<i>Uma tarefa do manual.</i> A tarefa foi reformulada para se articular com a T_{II}^{10} e mudou a sua ordem na TFA
T_I^6	T_{II}^{10}	<i>Elaboração de um plano de aula.</i> A tarefa foi alterada para estar ligada à T_{II}^9 e mudou a sua ordem dentro da TFA.
T_I^7	T_{II}^{11}	<i>Reflexão final.</i> A tarefa foi reformulada, a reflexão deixa de ser escrita e passa a ser vídeo-gravada, e mudou a sua ordem na TFA.
	T_{II}^{12}	<i>Elaboração de um e-portefólio.</i> A tarefa foi adicionada no 2.º ciclo.

Conforme se apresenta na Tabela 6.1, no 2.º ciclo de experimentação foram adicionadas cinco tarefas (T_{II}^2 , T_{II}^3 , T_{II}^6 , T_{II}^7 e T_{II}^{12}) às sete tarefas do 1.º ciclo de experimentação, para um total de doze tarefas que compõem a Experiência de Formação. Na Figura 6.1, onde apresento a distribuição das tarefas na TFA, observa-se que no 2.º ciclo de experimentação foram implementadas quatro tarefas em cada fase da TFA.

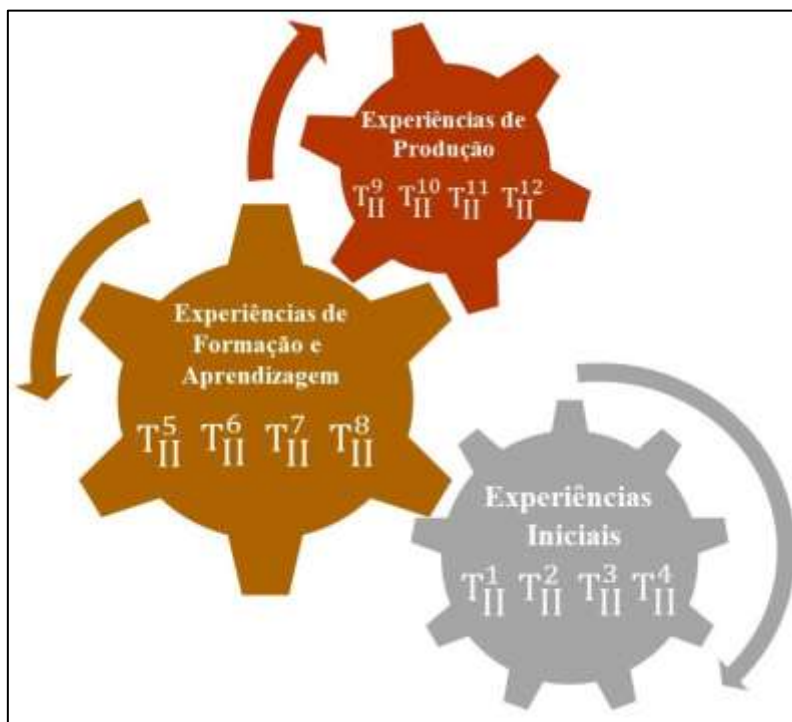


Figura 6.1. Sequência de tarefas na TFA no 2.º ciclo de experimentação

A seguir apresento uma descrição das tarefas que foram adicionadas no 2.º ciclo de experimentação. Esta descrição foca-se em salientar quatro aspetos de cada tarefa: (i) contexto de realização (na sala de aula ou fora da sala de aula); (ii) descrição (indica em que consiste a tarefa); (iii) intervenção do formador (o meu papel como formador-investigador na realização da tarefa); e (iv) o objetivo da tarefa.

Fase 1 – Experiências Iniciais

T_{II}^2 Tipos de recursos tecnológicos (Anexo 14)

- i. *Contexto da tarefa.* Na sala de aula (duração aproximada de 120 minutos).
- ii. *Descrição da tarefa.* No início da aula na qual se implementa esta tarefa, tem lugar um momento dedicado à apresentação expositiva por parte do formador de diversos recursos tecnológicos que podem ser usados no ensino e na aprendizagem da Matemática, com o propósito de introduzir a temática que seria abordada na tarefa

e criar um ponto de partida para os futuros professores resolverem as questões pedidas. Um segundo momento da aula consiste na resolução a pares da tarefa, onde é solicitado aos futuros professores fazerem uma inventariação das ferramentas tecnológicas que conhecem ou têm usado no ensino e/ou aprendizagem da Matemática e, finalmente, solicita-se que selecionem uma tecnologia e descrevam a integração dessa tecnologia na sala de aula em termos de metodologia e organização do ensino, da aprendizagem e dos desafios que podem enfrentar no seu uso. Posteriormente à resolução da tarefa, é pedido aos futuros professores que participem numa discussão coletiva em que cada par partilhe os resultados do seu trabalho que são comentados pelos colegas.

- iii. *Intervenção do formador.* Elaborar a tarefa; planificar e dirigir o momento da apresentação inicial; introduzir a tarefa; e dirigir a discussão coletiva no final da resolução da tarefa.
- iv. *Objetivos da tarefa.* (i) promover a reflexão sobre as experiências escolares prévias dos futuros professores em relação ao uso de tecnologias específicas para o ensino e a aprendizagem da Matemática; e (ii) promover a articulação entre as conceções dos futuros professores sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática e o seu conhecimento didático.

T_{II}³ *Análise da integração da tecnologia numa tarefa matemática (Anexo 15)*

- i. *Contexto da tarefa.* Na sala de aula (duração aproximada de 150 minutos).
- ii. *Descrição da tarefa.* Nesta tarefa é solicitado aos futuros professores que façam uma análise da integração da tecnologia numa tarefa matemática, especificamente uma tarefa estatística chamada “*Vamos comer queijo, mas não exageremos*”. Primeiramente é pedido para resolverem a tarefa a pares com apoio do *Excel*, e posteriormente solicita-se aos futuros professores fazerem uma análise da tarefa em aspetos como: a natureza da tarefa, o enquadramento curricular da tarefa, a potencialidade da tecnologia usada para resolver a tarefa, e os desafios que o professor ou o aluno podem enfrentar na implementação desta tarefa na sala de aula. No final, os futuros professores participam numa discussão coletiva sobre as conclusões e resultados obtidos por cada grupo.

- iii. *Intervenção do formador.* Elaborar a tarefa; introduzir a tarefa na sala de aula; acompanhar a resolução da tarefa por parte dos futuros professores e esclarecer questões que surjam em relação ao uso do *Excel*; e dirigir a discussão coletiva no final da sessão.
- iv. *Objetivos da tarefa.* (i) promover a capacidade de analisar criticamente a integração da tecnologia numa tarefa matemática; e (ii) promover a articulação entre o conhecimento didático dos futuros professores e as suas conceções sobre o uso da tecnologia na resolução de tarefas matemáticas.

Fase 2 – Experiências de formação

T_{II}⁶ *Vamos usar a calculadora* (Anexo 16)

- i. *Contexto da tarefa.* Na sala de aula (duração aproximada de 120 minutos).
- ii. *Descrição da tarefa.* Na primeira parte da tarefa solicita-se aos futuros professores resolverem a pares ou tríades uma tarefa enquadrada no tema de funções exponenciais e logarítmicas, na qual deviam usar a calculadora gráfica. Além disto, deviam indicar possíveis estratégias de resolução e dificuldades que os alunos poderiam ter quando resolvessem a tarefa em questão. Na segunda parte da tarefa é entregue aos futuros professores episódios que mostram uma situação real de sala de aula onde se apresenta o diálogo que teve lugar entre um professor que aplicou a tarefa e três dos seus alunos de 12.º ano. A partir destes episódios é pedido aos futuros professores responderem a um conjunto de questões centradas na forma em que o professor e os alunos usam a calculadora, assim como as potencialidades ou desafios que traz o uso desta tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Finalmente, os futuros professores participam de uma discussão coletiva para apresentar e discutir o trabalho realizado por cada grupo.
- iii. *Intervenção do formador.* Elaborar a tarefa; introduzir a tarefa na sala de aula; acompanhar a resolução da tarefa por parte dos futuros professores e esclarecer questões que surjam em relação ao da calculadora; e dirigir a discussão coletiva no final da sessão.
- iv. *Objetivos da tarefa.* (i) promover o conhecimento tecnológico através do uso da calculadora; (ii) promover a articulação do conhecimento tecnológico com o conhecimento de conteúdos matemáticos específicos; e (iii) promover o

desenvolvimento do TPACK dos futuros professores, relativo ao uso da calculadora e a sua aplicabilidade no ensino e na aprendizagem da Matemática.

T_{II}⁷ Exploração de Applets (Anexo 17)

- i. *Contexto da tarefa.* Na sala de aula (duração aproximada de 120 minutos).
- ii. *Descrição da tarefa.* Esta tarefa, realizada a pares ou em tríades, solicita aos futuros professores para selecionarem uma *applet* que esteja disponível nalgum *website* e elaborarem uma proposta de trabalho para utilizar essa *applet* na sala de aula. Nesta proposta didática os futuros professores devem indicar, por exemplo, o ano de escolaridade a que está dirigida, os objetivos de aprendizagem que se pretendem desenvolver, uma metodologia de trabalho em sala aula e o papel do professor e do aluno quando utilizam a *applet*. Depois de responderem às questões da tarefa, os futuros professores participam de uma discussão coletiva onde cada grupo tem a oportunidade de expor o seu trabalho e discutir o trabalho dos colegas.
- iii. *Intervenção do formador.* Elaborar a tarefa; introduzir a tarefa na sala de aula; acompanhar a pesquisa-*web* realizada pelos formandos, orientando-os nos possíveis sítios onde encontrar *applets* que se podem utilizar no ensino e na aprendizagem da Matemática; dirigir a discussão coletiva.
- iv. *Objetivos da tarefa.* (i) promover o desenvolvimento do conhecimento tecnológico resultado do uso de ferramentas *web* e da exploração de *applets*; (ii) promover a articulação desse conhecimento tecnológico com o conhecimento didático da Matemática dos futuros professores; e (iii) promover o desenvolvimento do TPACK através do uso de ferramentas *web* e *applets* para o ensino e a aprendizagem da Matemática.

Fase 3 – Experiências de produção

T_{II}¹² Elaboração de um e-portefólio (Anexo 20)

- i. *Contexto da tarefa.* Fora da sala de aula.
- ii. *Descrição da tarefa.* Com esta tarefa solicita-se aos futuros professores elaborarem um portefólio digital (*e-portefólio*). Este processo de elaboração é contínuo ao longo de todo o semestre letivo e o produto final deve estar acabado até 15 dias após concluírem as aulas. Para a resolução desta tarefa, os futuros professores

participam de uma sessão de formação dinamizada por um professor convidado, na qual se apresenta a plataforma WIX (<https://pt.wix.com/>) e as ferramentas digitais disponíveis na *web* para a criação do *e-portefólio*. No enunciado da tarefa apresenta-se o conteúdo que deve conter o portefólio: uma introdução; pelo menos três tarefas resolvidas na unidade curricular, cada uma acompanhada da sua respetiva resolução e de uma reflexão sobre o contributo da tarefa para a sua formação como futuro professor de Matemática. Além disto, é pedido aos futuros professores incluírem no *e-portefólio* o produto final da resolução da T_{II}^{11} , isto é, a reflexão final.

- iii. *Intervenção do formador*. Elaborar a tarefa; acompanhar o processo de exploração e uso da plataforma WIX; dar feedback ao conteúdo colocado no *e-portefólio*; e analisar o produto final.
- iv. *Objetivos da tarefa*. (i) promover o desenvolvimento do conhecimento tecnológico através da exploração da plataforma WIX e o uso de ferramentas *web*; (ii) promover a autorreflexão dos futuros professores sobre a sua experiência na resolução de tarefas que integram o uso da tecnologia.

6.1.3. Planificação da experimentação na sala de aula

Para o segundo ciclo de experimentação também se planificou um percurso a seguir na implementação das tarefas nas aulas da DMII. Tendo como ponto de partida a planificação curricular das aulas de DMII no 1.º ciclo de experimentação (ver Tabela 5.2 do capítulo 5), fizeram-se os ajustes para incluir as novas tarefas e as mudanças na sequência das tarefas dentro da TFA.

Esta planificação foi realizada em colaboração com a professora coordenadora da DMII durante as reuniões de reformulação da Experiência de Formação, procurando que os objetivos de cada tarefa se articulassem com os conteúdos abordados na unidade curricular. A metodologia das aulas seguiu o mesmo padrão de introdução, resolução e discussão coletiva da tarefa.

Na Tabela 6.2 apresento o roteiro das aulas da DMII indicando as aulas destinadas à resolução das tarefas da Experiência de Formação.

Tabela 6.2. Planificação curricular das aulas de DMII no 2.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação

Aula	Conteúdo do programa de DMII	Experiência de Formação
1	Apresentação da unidade curricular. Aprendizagem da Matemática: atividades matemáticas válidas.	Apresentação do investigador como observador participante das aulas. Pedido de consentimento e participação voluntária no estudo. Preenchimento do questionário .
2-3	Aprendizagem da Matemática: a natureza das tarefas.	T_{II}¹ <i>Discussão online de um texto</i> (abertura do fórum)
4	Aprendizagem da Matemática: integração da tecnologia no EM.	T_{II}² <i>Tipos de recursos tecnológicos</i>
5	Aprendizagem da Matemática: nível cognitivo das tarefas.	
6-7	Aprendizagem da Matemática: integração da tecnologia no EM.	T_{II}³ <i>Análise da integração da tecnologia numa tarefa matemática</i>
8	Aprendizagem da Matemática: ensino exploratório.	
9	Workshop tecnologia: plataformas WIX e ferramentas <i>web</i> para a criação de <i>e-portefólios</i> .	
10-12	Aprendizagem da Matemática: comunicação, interação educativa, raciocínio matemático.	
13-14	Gestão Curricular: organização do trabalho na sala de aula, planificação do ensino da Matemática.	T_{II}⁴ <i>Análise de um plano de aula focada na forma de integração da tecnologia.</i> Apresenta-se o enunciado e pede-se para resolver (fora do horário letivo das aulas) a T_I⁶ <i>Elaboração de um plano de aula</i> que será apresentada nas últimas duas aulas.
15-16	Aprendizagem da Matemática: recursos tecnológicos.	T_{II}⁵ <i>Introdução ao GeoGebra – Investigando quadriláteros e pontos médios</i>
17	Aprendizagem da Matemática: recursos tecnológicos.	T_{II}⁶ <i>Vamos usar a calculadora</i>
18	Aprendizagem da Matemática: recursos tecnológicos.	T_{II}⁷ <i>Exploração de Applets</i>
19	Aprendizagem da Matemática: investigações estatísticas.	
20-21	Aprendizagem da Matemática: investigações estatísticas com tecnologia.	T_{II}⁸ <i>Introdução ao TinkerPlots™ – A Gataria</i>
22	Aprendizagem da Matemática: manuais escolares e recursos manipuláveis.	
23-24	Aprendizagem da Matemática: manuais escolares (continuação).	T_{II}⁹ <i>Uma tarefa do manual</i>

25-26	Avaliação: normas, processos de avaliação reguladora, questionamento oral, feedback, critérios de avaliação.	
27-28	Apresentação Trabalho de Grupo . Balanço da unidade curricular.	Apresentação da T_{II}¹⁰ <i>Elaboração de um plano de aula</i>
		T_{II}¹¹ <i>Reflexão final</i> T_{II}¹² <i>Elaboração de um e-portefólio.</i>
		Preenchimento do questionário e participação da entrevista .

6.2. Segundo ciclo de experimentação na sala de aula

6.2.1. Aspetos gerais

O 2.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação, em sala de aula, foi realizado no 2.º semestre do ano letivo 2017/2018, entre os meses de fevereiro e junho de 2018, um ano após ter sido implementado o 1.º ciclo de experimentação.

Durante este período foram aplicadas doze tarefas, seguindo a planificação apresentada na seção anterior, e da mesma forma que no 1.º ciclo, foram aplicados os instrumentos de recolha de dados respetivos que foram previstos na metodologia do estudo (ver seção 4.3 no capítulo 4).

Neste 2.º ciclo de experimentação, participaram quatro futuras professoras e dois futuros professores, para um total de seis participantes (ver descrição dos participantes na seção 4.4.2 no capítulo 4). Vou referir estes futuros professores com nomes fictícios (Ana, Sofia, Glória, Isabel, Samuel e Tiago) para manter o anonimato e salvaguardar a sua privacidade.

Uma vez que eu, como investigador, e a professora coordenadora da DMII discutimos e definimos o momento no qual cada tarefa seria realizada, a implementação das aulas neste 2.º ciclo de experimentação, tal como no 1.º ciclo, seguiram uma abordagem metodológica baseada no ensino exploratório: apresentação e introdução da tarefa, resolução da tarefa e discussão coletiva dos resultados.

6.2.2. Análise da experimentação

O processo de experimentação esteve acompanhado de constantes momentos que dediquei a refletir sobre a Experiência de Formação. Desta forma, baseado nos registos feitos nas notas de campo durante a observação das aulas e, particularmente durante a

realização das tarefas, consegui recolher informação que me permitiu analisar esta fase de experimentação da Experiência de Formação.

Esta análise reflexiva tem por base a resolução das doze tarefas por parte dos futuros professores (FP) e os sete princípios de *design* obtidos, produto do refinamento da conjectura e dos princípios de *design* do 1.º ciclo (ver seção 5.3.3 no capítulo 5).

As tarefas

Das doze tarefas realizadas neste 2.º ciclo de experimentação, três tarefas (T_{II}^1 , T_{II}^{11} e T_{II}^{12}) foram realizadas individualmente, as restantes foram realizadas a pares (Ana e Sofia, Glória e Isabel, Samuel e Tiago). Quatro das tarefas foram realizadas fora da sala de aula (T_{II}^1 , T_{II}^{10} , T_{II}^{11} e T_{II}^{12}), e as restantes oito tarefas foram resolvidas na sala de aula. Destas oito, três tarefas (T_{II}^2 , T_{II}^6 e T_{II}^7) resolveram-se numa aula, enquanto as outras cinco tarefas (T_{II}^3 , T_{II}^4 , T_{II}^5 , T_{II}^8 e T_{II}^9) ocuparam o espaço de duas aulas: uma sessão completa de 120 minutos, mais 30 minutos da sessão seguinte.

Em relação às quatro tarefas que compõem a primeira fase da TFA, a resolução destas tarefas permitiu recolher informação importante que se constituiu como um ponto de partida a ter em consideração ao longo da Experiências de Formação. Identifiquei, por exemplo, que Samuel e Tiago eram os FP com menos experiência prévia no uso de tecnologias educacionais e tinham uma posição de resistência com respeito à integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Pelo contrário, identifiquei que Isabel tinha bastante experiência com diversas tecnologias educacionais e, como já exercia a função de professora numa escola, tinha também experiência profissional significativa no uso de ferramentas tecnológicas na Educação Matemática. Estes dados me permitiram fazer previsões associadas à gestão do tempo na sala de aula das tarefas da segunda fase da TFA, assim como prever algumas estratégias orientadas para acompanhar mais de perto o trabalho de Samuel e Tiago, nomeadamente no que diz respeito à exploração e uso das ferramentas tecnológicas.

A T_{II}^1 , tal como no 1.º ciclo de experimentação, cumpriu com os objetivos de aprendizagem que se esperavam desenvolver, nomeadamente, constituiu uma oportunidade para que os FP mobilizassem as suas conceções sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática, pondo em evidencia algumas das experiências

pessoais com a tecnologia e tendo por base o seu conhecimento didático desenvolvido até esta altura.

Em relação à T_{II}^2 , tal como era previsto, esta tarefa permitiu aproximar os FP com a existência de distintas ferramentas tecnológicas. Durante a sua resolução, consegui observar e registar que alguns dos FP tinham mais destreza e habilidades do que outros para usar as tecnologias, nomeadamente Gloria, Isabel e Sofia. Na discussão coletiva identifiquei que haviam distintas posições, baseadas nas suas conceções, com respeito à integração e uso da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

As tarefas T_{II}^3 e T_{II}^4 complementaram-se bastante bem, de acordo com o que foi planeado. Embora na T_{II}^3 tenha observado que todas as duplas de trabalho demoraram mais do previsto na primeira parte da resolução da tarefa. A este respeito, os FP exprimiram ter alguma dificuldade em compreender o contexto da tarefa matemática e o enunciado das questões referidas na tarefa. Deste modo, considero que esta tarefa poderia ser alterada, promovendo a exploração do *Excel* numa outra tarefa matemática, situada num contexto mais próximo à realidade escolar e que justifique mais o uso do *Excel* para a sua resolução. Além disto, observei que o grupo de Samuel e Tiago tinha mais dificuldade em utilizar o *Excel*, nenhum dos FP tinha usado antes esta ferramenta para resolver uma tarefa matemática, pelo que demoraram mais tempo em fazer o trabalho que era pedido. Desta forma, acompanhei mais diretamente este grupo para orientar o uso desta tecnologia, nomeadamente, indicando como usar algumas ferramentas do programa que eram essenciais para resolver a tarefa matemática proposta.

Uma outra alteração que se poderia incluir na Experiência de Formação com respeito a esta tarefa consiste em associar esta tarefa matemática com o uso e exploração do TinkerPlotsTM, de modo que na segunda fase da TFA, quando o TinkerPlotsTM fosse introduzido na sala de aula, os FP poderiam resolver a mesma tarefa matemática que resolveram com o *Excel* usando agora o TinkerPlotsTM. O propósito é o de oferecer uma oportunidade de discussão baseada na experimentação prática de dois recursos tecnológicos diferentes para resolver a mesma tarefa e abordar os mesmos conteúdos matemáticos. Isto permitiria consolidar o conhecimento tecnológico sobre ambos os recursos e articular este conhecimento com o conhecimento didático que justifique e suporte as vantagens e limitações entre um *software* e outro.

Na T_{II}^4 , no início da aula onde foi implementada esta tarefa, a professora coordenadora da DMII fez uma síntese sobre o conteúdo que foi abordado na última aula – *Planificação no Ensino da Matemática* –, focando um dos aspectos que depois seria associado com a resolução desta tarefa: a flexibilidade que deve ter um plano perante as situações que podem surgir na sala de aula. Embora este momento não tenha sido previamente integrado na planificação desta aula, foi significativo e adequado visto que os FP recorreram ao conhecimento que estava a ser abordado e discutido sobre a planificação de aulas para justificar as suas conclusões na análise do plano de aula em questão. Depois da resolução desta tarefa, refleti sobre alterações a fazer e, assim sendo, considero que nas questões que orientam a análise do plano de aula se poderiam introduzir aspectos associados com a gestão do tempo na sala de aula para usar recursos tecnológicos na resolução de tarefas matemáticas, visando aproximar os FP à realidade da sala de aula quando os alunos usam a tecnologia e das estratégias que o professor poderia seguir para gerir o tempo na implementação de tarefas matemáticas com apoio à tecnologia.

Situados na segunda fase da TFA, evidenciou-se que alguns dos FP apresentavam alguma resistência para explorar a tecnologia e, além disso, também apresentavam dificuldades para usar as ferramentas tecnológicas. O primeiro momento da aula onde foi implementada a T_{II}^5 , que consistiu na apresentação do *GeoGebra* através de uma breve exposição das distintas ferramentas disponíveis no *software*, foi reforçado mediante a exemplificação do uso destas ferramentas para a construção de figuras geométricas e a elaboração de gráficos de funções. Isto resultou ser um ponto de partida muito significativo para os FP e favorável para os propósitos da tarefa, na medida em que os FP ficaram muito interessados e curiosos em explorar por si próprios este *software*. Assim, pude observar que os FP resolveram a tarefa mobilizando àquilo que foi apresentado inicialmente pelo investigador-formador.

De acordo com as alterações na sequência das tarefas do 1.º ciclo de experimentação, onde decidi colocar a exploração do *GeoGebra* antes das outras tecnologias, identifiquei que tal como tinha previsto, devido às suas características dinâmicas e de fácil manuseamento, este *software* resultou ser apropriado para começar esta segunda fase da TFA, despertando o interesse dos FP com respeito à aceitação e uso da tecnologia na Educação Matemática. Consequentemente, considero que seria favorável incluir na Experiência de Formação mais tarefas que promovam ainda mais o

uso do *GeoGebra*, com o propósito de consolidar nos FP o conhecimento tecnológico sobre esta ferramenta em articulação com o seu conhecimento didático da Matemática.

Em relação à implementação da T_{II}^6 , a primeira parte desta tarefa resolveu-se conforme o que era esperado, os FP resolveram a tarefa matemática recorrendo à calculadora gráfica. Logo, na segunda parte, na qual os FP analisaram episódios reais de sala de aula que mostravam como alunos da escola tinha usado a calculadora para resolver a tarefa em questão, observei que os FP estavam bastante envolvidos a ler os episódios e visualizando o que tinha acontecido na sala de aula. Notei que a experiência de analisar estes episódios que faziam referência a uma sala de aula real, despertou o interesse dos FP em responder às questões indicadas na tarefa e, posteriormente, gerou uma discussão coletiva muito rica, onde os FP tiveram a oportunidade de defender e argumentar a sua posição sobre a integração da calculadora na Educação Matemática.

No que diz respeito à realização da T_{II}^7 , na aula anterior foi solicitado aos FP para pesquisarem uma ou duas *applets* disponíveis na *web*, com o objetivo de que na aula seguinte já tivessem selecionado pelo menos uma *applet* que fosse um ponto de partida para discutir com o seu colega de grupo e resolverem o que era proposto fazer na T_{II}^7 . Apesar disto, observei que em todas as duplas de trabalho, os FP demoraram mais do que era previsto para selecionar e definir uma *applet* com a qual iriam resolver a tarefa proposta. Contudo, a tarefa foi resolvida dentro do tempo previsto. Além disto, observei que esta tarefa foi bem aceite pelos FP, o facto de visitar distintos *websites* para pesquisar e explorar *applets*, por um lado, resultou ser aspeto de motivação para eles e, por outro lado, permitiu-lhes descobrir diversas opções disponíveis na *web* para integrar a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

De acordo com o anteriormente referido e devido às *applets* serem recursos *online*, considero que esta tarefa poderia ser aperfeiçoada levando os FP a criarem um repositório coletivo de *applets*. Este repositório consistiria num espaço virtual, disponibilizado na plataforma da unidade curricular ou em alguma outra plataforma *online*, onde cada FP coloca o acesso a uma *applet*, faz uma apresentação descritiva dessa *applets* e entre todos, discutem e formulam propostas de ensino que promovam a aprendizagem de conteúdos matemáticos e/ou a resolução de tarefas matemáticas através do uso dessas *applets*.

A segunda fase da TFA concluiu com a realização da T_{II}^8 , momento no qual os FP exploraram o *TinkerPlots*TM. Pude observar que esta ferramenta tecnológica resultou ser

uma tecnologia bastante inovadora para os FP, não só pelo facto de ter sido o primeiro contacto com este *software*, mas também pelas características dinâmicas desta tecnologia. No início da tarefa as três duplas de trabalho demoraram um pouco mais do previsto, não obstante, conforme avançavam na resolução da tarefa, observei que as indicações que orientavam a exploração do *TinkerPlots*TM consolidaram-se como um aspeto positivo que permitiu conduzir aos FP para um eficiente uso deste *software* na resolução da tarefa proposta. Ainda na resolução da tarefa, enquanto me deslocava pelos grupos de trabalho, observei que os FP estavam um pouco desinteressados em aprender a usar esta ferramenta devido a esta ser um *software* pago e não estavam dispostos a comprar a sua licença para posteriormente usá-lo fora da sala de aula. Desta forma, considero que um aspeto a refletir e discutir para outro futuro ciclo de experimentação da Experiência de Formação será incluir ou não incluir o *TinkerPlots*TM, devido a que se espera que o conhecimento tecnológico desenvolvido nos FP seja posteriormente consolidado e mobilizado na sua futura prática profissional, o que resultaria uma limitação se o *software* não é de acesso livre.

Na última fase da TFA – fase três – as quatro tarefas que a compõem foram resolvidas como foi planeado. Em particular, a articulação entre as tarefas T_{II}^9 e T_{II}^{10} onde os FP elaboraram uma proposta de ensino e aprendizagem, primeiro através da elaboração de uma tarefa matemática (T_{II}^9) e posteriormente na elaboração de um plano de aula que tivesse por base essa tarefa (T_{II}^{10}), resultou ser um aspeto bastante positivo. Observei, por exemplo, que os FP tiveram uma posição crítica sobre os manuais escolares, na medida de que analisaram a forma em como era proposto abordar certos conteúdos matemáticos. Além disso, este contacto com os manuais escolares, permitiu aproximar os FP à realidade de aula de um professor de Matemática na prática de elaborar tarefas e planos de aula para implementar essas tarefas. Durante a resolução da T_{II}^9 pude observar que um dos critérios de seleção da tarefa do manual foi o potencial que a tarefa oferecia para usar uma ferramenta tecnológica, neste sentido, os FP basearam-se no seu conhecimento sobre a ferramenta tecnológica e a riqueza da tarefa para articular os dois numa situação de ensino e aprendizagem.

Em relação às tarefas T_{II}^{11} e T_{II}^{12} , estas constituíram-se como importantes tarefas para autorreflexão por parte dos FP e espaços de partilha de resultados e conhecimentos desenvolvidos ao longo da Experiência de Formação. O *e-portefólio* (T_{II}^{11}) foi uma tarefa

realizada enquanto decorria a Experiência de Formação. Durante este processo de construção do portefólio observei a evolução nos detalhes que cada vez iam sendo acrescentados pelos FP, o que evidenciou um constante interesse nesta tarefa e domínio das ferramentas digitais envolvidas na elaboração do *e-portefólio*. A elaboração da reflexão individual em formato de vídeo evidenciou também a criatividade dos FP para transmitir as suas ideias globais sobre a sua participação na Experiência de Formação. Deste modo, considero que o conjunto destas quatro tarefas deve ser a base da última fase da TFA que visa promover experiências em que os FP produzam e durante este processo de produção mobilizem os conhecimentos desenvolvidos ao longo da Experiência de Formação, nomeadamente o seu TPACK.

Os princípios de design

P1. *Organizar sequencialmente as tarefas numa trajetória de formação e aprendizagem de três fases.*

Tal como no 1.º ciclo, este princípio de *design* verificou-se no decorrer do 2.º ciclo. O facto de acrescentar o número de tarefas em cada fase da TFA, foi um aspeto bastante positivo, na medida de que consolidou a natureza de cada fase e confirmou o que era esperado promover e, consequentemente desenvolver, em cada uma das fases da TFA.

Desta forma, posso concluir que este é um princípio fundamental no *design* desta Experiência de Formação que visa desenvolver o TPACK dos FP de Matemática, nomeadamente, é o princípio que diz respeito à estrutura, propósito e sequenciação das tarefas que compõe a Experiência de Formação.

Com a intencionalidade de aprimorar o enunciado deste princípio, considero pertinente incluir o nome de cada uma das três fases da TFA, a modo de descrever o propósito das experiências que se desejam promover com as tarefas em cada uma das fases: (i) experiências iniciais, (ii) experiências de formação e aprendizagem e (iii) experiências de produção.

P2. *Usar tarefas abertas contextualizadas em situações reais ou fictícias da prática profissional docente que envolvam o uso da tecnologia por parte do professor e do aluno.*

Este segundo princípio suportou o *design* das tarefas da Experiência de Formação, por exemplo, as tarefas T_{II}^3 , T_{II}^6 e T_{II}^9 envolviam contextos da prática profissional docente,

alguns deles fictícios que permitiram aproximar aos FP com o exercício de analisar, resolver e/ou elaborar tarefas matemáticas que integrem o uso da tecnologia (T_{II}^3 e T_{II}^9) e outros reais que permitiram aproximar aos FP com a realidade de sala de aula quando se integra alguma ferramenta tecnológica, como no caso da calculadora gráfica (T_{II}^6). Assim, concluo que este princípio se verificou como fundamental para o *design* desta Experiência de Formação.

Não obstante, os dados recolhidos neste 2.º ciclo de *design*, especialmente aqueles dados recolhidos durante as discussões coletivas realizadas em sala de aula, evidenciaram que era preciso adicionar mais um princípio de *design*. Este princípio aparece como uma consequência do **P2**, na medida em que as tarefas abertas e contextualizadas em situações da prática profissional, também devem de *problematizar situações de ensino e aprendizagem da Matemática quando se integra a tecnologia na sala de aula*. O termo problematizar, segundo a perspetiva de Llinares (2007) consiste em problematizar os conteúdos matemáticos, problematizar a aprendizagem da Matemática e problematizar as estratégias de ensino da Matemática. Para o *design* desta Experiência de Formação, este princípio visa promover a discussão destas situações-problema quando se integra a tecnologia na sala de aula de Matemática.

P3. *Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e as concepções dos futuros professores sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática.*

Este terceiro princípio de *design* verificou-se nesta segunda experimentação da Experiência de Formação. Para além de suportar o *design* da Experiência de Formação, é na primeira e na terceira fase da TFA que este princípio se revela fundamental para os fins pretendidos. Por exemplo, os dados evidenciaram que as primeiras quatro tarefas (T_{II}^1 , T_{II}^2 , T_{II}^3 e T_{II}^4) e as duas últimas (T_{II}^{11} e T_{II}^{12}) foram essenciais para identificar as concepções dos FP sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática e a articulação destas concepções com o seu conhecimento tecnológico. Desta forma, concluo que este princípio se deve manter como suporte do *design* desta Experiência de Formação.

P4. *Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e o conhecimento curricular da Matemática.*

P5. *Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e o conhecimento didático sobre o ensino e a aprendizagem da Matemática.*

Analiso o quarto e quinto princípio de *design* em simultâneo porque, por um lado, ao longo da Experiência de Formação os dados constataram que nestes dois princípios, durante a resolução das tarefas, existiram diversos momentos em que os FP articularam o conhecimento tecnológico que estava a ser desenvolvido com o seu conhecimento curricular e didático sobre o ensino e a aprendizagem da Matemática. Por outro lado, analisando estes dois princípios à luz da fundamentação teórica revisada, concluo que o currículo, o ensino e a aprendizagem da Matemática já estão contemplados quando se faz referência ao conhecimento didático da Matemática. Por exemplo, Ponte (2012) define o conhecimento didático da Matemática a partir de quatro vertentes: (i) o conhecimento da Matemática, (ii) o conhecimento do currículo, (iii) o conhecimento dos processos de aprendizagem e (iv) o conhecimento dos processos de ensino.

Concluo, portanto, que estes dois princípios devem fundir-se e gerar um só princípio abrangente, de modo que inclua estas vertentes e a sua articulação com o conhecimento tecnológico. Desta forma, o princípio de *design* visa *promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e o conhecimento didático da Matemática*. Além disto, esta articulação responde também ao propósito de promover uma integração simultânea dos três domínios de conhecimento que constituem o TPACK: conteúdo, pedagogia e tecnologia.

P6. *Promover o uso de diferentes tecnologias durante a resolução das tarefas que permita aprimorar o desenvolvimento do conhecimento tecnológico dos futuros professores de Matemática.*

Tal como foi verificado neste 2.º ciclo de experimentação, a oportunidade de explorar um conjunto apropriado de diferentes tecnologias permite que os FP desenvolvam e consolidem conhecimento tecnológico aceitável e disponível para ser articulado com o conhecimento didático da Matemática. Neste 2.º ciclo de experimentação, em comparação com o 1.º ciclo, foram propostos o uso e a exploração de uma grande diversidade de ferramentas tecnológicas, aspeto que se evidenciou positivo

para o desenvolvimento e consolidação do TPACK dos FP. Portanto, concluo que este sexto princípio se constituiu como um eixo central do *design* da Experiência de Formação.

P7. *Promover espaços dedicados à reflexão e partilha de conhecimentos dentro e fora da sala de aula.*

Durante o trabalho de sala de aula existiram diferentes momentos de reflexão e partilha de resultados e ideias entre os FP, que ocorrem sobre todo durante o trabalho em duplas e as discussões coletivas. Não obstante, tarefas como a participação de um fórum *online* (T_{II}^1), a elaboração de uma reflexão individual em formato de vídeo (T_{II}^{11}) e a elaboração de um *e-portefólio* (T_{II}^{12}) constituíram-se como espaços virtuais fora da sala de aula adequados para a reflexão, partilha e divulgação de ideias, resultados e conhecimentos. Desta forma, considero que este princípio suportou o *design* da Experiência de Formação permitindo criar vínculos e meios de interação, com apoio à tecnologia, entre os FP e entre eles e o formador tanto dentro como fora da sala de aula.

Portanto, concluo que para refinar este princípio será referido que estes espaços para a reflexão e partilha de conhecimentos serão criados e difundidos utilizando recursos tecnológicos. Aspeto que será fundamental para consolidar, ainda mais, o conhecimento tecnológico dos FP e para promover uma interação ativa e dinâmica entre eles.

6.2.3. Refinamento da conjectura e dos princípios de *design*

Na seção anterior teve lugar o processo de revisão e verificação dos princípios de *design* que suportaram o 2.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação. O resultado deste processo de refinamento permitiu formular os seguintes sete princípios de *design*:


- P1.** Organizar sequencialmente as tarefas numa trajetória de formação e aprendizagem de três fases: experiências iniciais, experiências de formação e aprendizagem e experiências de produção.
- P2.** Usar tarefas abertas contextualizadas em situações reais ou fictícias da prática profissional docente que envolvam o uso da tecnologia por parte do professor e do aluno.
- P3.** Problematicar situações de ensino e aprendizagem da Matemática quando se integra a tecnologia na sala de aula.

- P4.** Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e as concepções dos futuros professores sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática.
- P5.** Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e o conhecimento didático da Matemática.
- P6.** Promover o uso de diferentes tecnologias durante a resolução das tarefas que permita consolidar o desenvolvimento do conhecimento tecnológico dos futuros professores de Matemática.
- P7.** Promover a criação e divulgação de espaços dedicados à reflexão e partilha de conhecimentos dentro e fora da sala de aula, utilizando recursos tecnológicos.

Portanto, define-se a conjectura que suportará o 2.º ciclo de *design* desta IBD como: *uma Experiência de Formação sustentada nestes sete princípios de design contribui para promover o TPACK dos futuros professores de Matemática.*

Finalmente, na Tabela 6.3 apresenta-se o processo de refinamento ao qual os princípios de *design* têm sido submetidos. Processo que teve por base os princípios de *design* iniciais propostos antes do 1.º ciclo de experimentação, os princípios de *design* formulados após a análise e refinamento do 1.º ciclo de experimentação e os princípios de *design* definidos após a análise e refinamento do 2.º ciclo de experimentação.

Tabela 6.3. Refinamento dos princípios de *design* após o 2.º ciclo de experimentação



PRINCÍPIOS DE DESIGN	1.º Ciclo de Experimentação	REFINAMENTO DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN	2.º Ciclo de Experimentação	REFINAMENTO DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN
P1. Organizar, sequencialmente, as tarefas numa trajetória de formação e aprendizagem de três fases.			P1. Organizar, sequencialmente, as tarefas numa trajetória de formação e aprendizagem de três fases: experiências iniciais, experiências de formação e aprendizagem e experiências de produção.	
P2. Usar tarefas abertas contextualizadas em situações da prática profissional docente.		P2. Usar tarefas abertas contextualizadas em situações reais ou fictícias da prática profissional docente que envolvam o uso da tecnologia por parte do professor e do aluno.		P3. Problematicar situações de ensino e aprendizagem da Matemática quando se integra a tecnologia na sala de aula.
P3. Promover a integração de conteúdo, pedagogia e tecnologia nas tarefas propostas.		P3. Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e as concepções dos futuros professores sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática.		P5. Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e o conhecimento didático da Matemática.
		P4. Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e o conhecimento curricular da Matemática.		
		P5. Promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e o conhecimento didático sobre o ensino e a aprendizagem da Matemática.		
P4. Promover o uso de diferentes tecnologias durante a resolução das tarefas.		P6. Promover o uso de diferentes tecnologias durante a resolução das tarefas que permita consolidar o desenvolvimento do conhecimento tecnológico dos futuros professores de Matemática.		
P5. Promover espaços dedicados à reflexão e partilha de conhecimentos.		P7. Promover espaços dedicados à reflexão e partilha de conhecimentos dentro e fora da sala de aula.		P7. Promover a criação e divulgação de espaços dedicados à reflexão e partilha de conhecimentos dentro e fora da sala de aula, utilizando recursos tecnológicos.

CAPÍTULO 7

O TPACK DOS FUTUROS PROFESSORES DE MATEMÁTICA

Neste capítulo apresento duas secções correspondentes aos resultados da análise do TPACK dos futuros professores a partir dos dados recolhidos, respetivamente, no primeiro ciclo e no segundo ciclo de experimentação da Experiência de Formação na sala de aula. Em cada secção, a análise está dividida nas quatro categorias de análise do TPACK adotadas neste estudo (e respetivas subcategorias), descritas na Figura 4.1: Conceções, Currículo, Aprendizagem e Ensino. Concluo cada secção com uma síntese dos principais resultados obtidos em cada um dos ciclos de experimentação.

7.1. Resultados do 1.º ciclo de experimentação

Os resultados aqui apresentados são o produto da análise dos dados recolhidos do trabalho das futuras professoras (FP) participantes do 1.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação. Estes dados foram obtidos através das sete tarefas implementadas neste 1.º ciclo de experimentação, quer da resolução escrita da tarefa (RT_I^n) ou da sua discussão coletiva (DCT_I^n).

7.1.1. Conceções (C1)

C1₍₁₎: *Integração da tecnologia na Educação Matemática*

No geral, as intervenções das FP no fórum *online* (RT_I^1) revelaram conceções favoráveis ao uso da tecnologia na sala de aula e, em particular, à sua integração na Educação Matemática. Por um lado, as FP manifestaram ter uma forte convicção de que

a tecnologia deve estar presente cada vez mais nas escolas, pois “na sociedade atual, torna-se quase impensável não utilizar tecnologias em sala de aula” (Marta, RT_I¹). Por outro lado, as FP reconheceram que a integração da tecnologia na escola beneficia a aprendizagem da Matemática, por exemplo, Sara referiu que “a utilização das tecnologias no ensino da Matemática não só é recomendada, mas também fundamental para melhorar os processos de aprendizagem” (RT_I¹).

Também consideraram que o uso de ferramentas tecnológicas por parte dos alunos contribui para que os alunos consolidem a sua aprendizagem sobre conceitos e processos matemáticos: “o acesso à tecnologia permite que o aluno explore uma maior variedade de situações e perceba a verdadeira natureza dos processos matemáticos” (Vitória, RT_I¹), e para que motivar os alunos dentro da sala de aula: “uma aula com tecnologias pode motivar os alunos a realizarem investigações matemáticas, e ao desenvolvimento de atitudes positivas relativamente à aula de matemática e uma redução da ansiedade e do medo de cometer erros” (Vitória, RT_I¹).

As FP também conceberam que o próprio processo de ensino e aprendizagem da Matemática se alteraria quando se integra a tecnologia na sala de aula. Por exemplo, Cristina salientou que “efetivamente, a introdução de ferramentas tecnológicas exige uma mudança na perspetiva do processo de ensino e aprendizagem da Matemática. Esta mudança deve-se, essencialmente, a um maior protagonismo do aluno na sua própria aprendizagem” (RT_I¹).

Não obstante, algumas outras FP revelaram ter preocupações sobre o grau deste protagonismo do aluno ao usar a tecnologia, no sentido de que se o aluno utiliza de forma excessiva e desmedida os recursos tecnológicos, pode influenciar de forma negativa a aprendizagem de certos conteúdos ou processos matemáticos. Por exemplo, Paula argumentou que “é necessário que os alunos consigam resolver certas tarefas com lápis e borracha. Estes devem, não apenas resolver os exercícios com as ferramentas tecnológicas, mas também resolver de forma algébrica” (RT_I¹).

Na segunda fase da Trajetória de Formação e Aprendizagem (TFA), as concepções manifestadas pelas FP evidenciam estar suportadas no seu TCK. Por exemplo, após a exploração do *TinkerPlots*TM, as FP consideraram que o uso deste *software* enriquece a consolidação dos conteúdos matemáticos, isto é, primeiro o professor ensina os conceitos matemáticos e já depois permite que os alunos usem esta ferramenta tecnológica para

explorar e consolidar esses conhecimentos. A este respeito Paula disse “acho que deve haver uma introdução dos conteúdos, depois o *software* permite essa consolidação dos conteúdos” (DCT_I³).

Também estas concepções evidenciam que as FP reconheceram potencialidades do uso da tecnologia na resolução de tarefas matemáticas, por exemplo, Vitória considerou que “qualquer tarefa utilizando a tecnologia é sempre diferente, com a tecnologia a visualização é totalmente diferente” (DCT_I⁴). Segundo as FP, estas diferenças ajudam o professor a criar ambientes de aprendizagem mais dinâmicos e atrativos, pois “permite ao professor a introdução de um novo conceito de uma forma mais dinâmica e não tão expositiva” (Sara e Vitória, RT_I⁵).

Finalmente, na terceira fase da TFA identificou-se que, nas reflexões individuais (T_I⁷), as FP tiveram a oportunidade de expressar e justificar as suas concepções sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Em termos gerais, estas concepções foram muito favoráveis, mostrando grande aceitação e reconhecimento da importância de usar ferramentas tecnológicas na Educação Matemática, confirmando também as concepções manifestadas na resolução das tarefas anteriores. Por exemplo, as FP consideraram que a integração da tecnologia traz consigo mudanças na abordagem de um ensino tradicional, como para Marta que afirmou: “uma aula expositiva perde significado, dando-se, agora, primazia à integração tecnológica, de forma a tornar o processo de ensino-aprendizagem mais apelativo” (RT_I⁷). Também reconheceram alguns dos benefícios da tecnologia na aprendizagem da Matemática, considerando que “a aula com tecnologia proporciona a construção de novos conceitos e saberes, potencializando o processo de ensino-aprendizagem” (Vitória, RT_I⁷).

Outras concepções das FP, dizem respeito ao potencial que a tecnologia tem na aprendizagem de conteúdos matemáticos. Por exemplo, Patrícia concebeu que ferramentas específicas como o *TinkerPlots*TM podem contribuir para que os alunos ultrapassem as dificuldades que eles têm nalguns conceitos estatísticos: “por vezes os alunos têm dificuldades em compreender o conceito da mediana, por exemplo. Assim, com o *software* [*TinkerPlots*TM], seria mais proveitoso [para] a compreensão deste conceito” (RT_I⁷).

Os dados também permitem constatar que houve mudança nas concepções das FP sobre a importância da integração da tecnologia na Educação Matemática. Por exemplo,

no caso de Marta, ela aprofundou mais na sua própria autorreflexão e põe em evidência que a sua perspectiva e posição no uso de tecnologias em contextos educativos alterou-se depois de ter participado da Experiência de Formação. Esta FP indicou que:

Primeiramente, no que diz respeito à utilização, e importância, da tecnologia no âmbito da educação; durante bastante tempo, adotei uma posição contra a utilização de tecnologias em contexto de sala de aula, por considerar que seria um fator de distração muito elevado, afastando os alunos do foco principal da aula. No entanto, posteriormente à realização do trabalho aqui discutido, percebi que a tecnologia pode ser bastante útil, quando bem implementada, oferecendo ferramentas diversas para a exploração de certos contextos, o que, por vezes, se torna difícil de concretizar, em tempo útil, sem a utilização de recursos tecnológicos (RT₁⁷).

A mudança positiva das concepções das FP, em termos de aceitar a integração da tecnologia e reconhecer o potencial que a tecnologia tem para o ensino e a aprendizagem da Matemática, evidencia que o TK promovido ao longo da Experiência de Formação, começa a articular-se com PCK das FP, favorecendo o desenvolvimento do TPACK das FP.

C1(2): *O professor na integração da tecnologia na Educação Matemática*

Com respeito à integração da tecnologia nas aulas de Matemática, as FP evidenciaram ter concepções sobre os desafios que o professor pode enfrentar neste processo, considerando os fatores que, segundo elas, influenciam para que a tecnologia não esteja a ser utilizada efetivamente nas aulas de Matemática. Para Marta, “é possível que muitos professores não tenham conhecimentos vastos sobre as tecnologias disponíveis, o que pode causar um certo desconforto quanto à utilização das mesmas” (RT₁¹). Para além de um possível conhecimento limitado de ferramentas tecnológicas, as FP indicaram também o desconhecimento sobre o enquadramento curricular dessas ferramentas como um fator que se pode revelar desafiador para os professores e, portanto, “quando a vão aplicar [a tecnologia] em sala de aula, parece que esta surge de pára-quedas e sem um motivo aparente, apenas porque convém que seja utilizada tal como é recomendado pelas orientações metodológicas do atual Programa de Matemática” (Patrícia, RT₁¹).

Associado a isto, durante a discussão no fórum (T₁¹), as FP foram questionadas sobre se, como professoras, elas se consideravam preparadas para utilizar tecnologia na

sala de aula. Em geral, elas disseram não estar preparadas, principalmente pela falta de conhecimento tecnológico suficiente, como Paula indicou: “como futura professora, não me sentiria preparada, neste momento, para utilizar ferramentas tecnológicas numa aula, mas isto deve-se ao facto de não ter uma formação muito aprofundada das diferentes tecnologias que poderão ser usadas em aula”. E também pela pouca, quase nula, experiência de sala de aula como professora: “não posso afirmar que me sinta completamente preparada e capacitada para planear uma aula com tecnologias, é preciso ter alguma experiência de contacto dentro da sala de aula” (Cristina, RT_I¹).

Porém, estas concepções mudaram ao longo da Experiência de Formação, pois na última fase da TFA, nomeadamente nas reflexões individuais das FP (T_I⁷), os dados revelam concepções favoráveis das FP sobre a integração da tecnologia na sua futura prática profissional. Por exemplo, chegam à conclusão de que de que como futuras professoras vão integrar a tecnologia na sua prática profissional, tal como refere Vitória, salientando que “percebi como a tecnologia tem um papel cada vez mais importante na sala de aula e, como futura professora, pretendo sempre que for possível considerar a utilização da tecnologia nas minhas aulas” (RT_I⁷). A concepção desta FP suporta-se no seu PK em articulação com o TK, evidenciando o desenvolvimento do TPK, mobilizado pela FP para conceber a possibilidade de utilizar a tecnologia na sua futura prática profissional.

Outras concepções revelaram ainda algumas preocupações que as FP tinham, associadas às dificuldades e desafios que como professoras poderiam ter quando se trata de integrar ou usar a tecnologia. Por exemplo, as FP consideraram que o planeamento de aulas que integrem o uso da tecnologia não é uma tarefa fácil, pelo contrário, é um processo que envolve muitos fatores e que resulta difícil para o professor. A este respeito, Sara considerou que

A planificação de aulas não é uma tarefa trivial. Ela exige muito trabalho por parte do professor e que o mesmo preveja pormenorizadamente o decorrer da aula. A exigência imposta numa boa planificação de aula é ainda aumentada, a meu ver, quando falamos de uma aula onde a tecnologia seja implementada (RT_I⁷).

Por seu lado, Cristina manifestou estar mais preocupada com que os alunos cheguem a entender o porquê do uso da tecnologia e reconheçam a sua utilidade. Esta FP considerou que “o maior desafio [para o professor] na integração da tecnologia na aula é garantir que esta se trata de um recurso útil para os alunos, no sentido de permitir que

estes tenham tempo e espaço para ver no *TinkerPlots*TM e nas suas potencialidades um instrumento útil e não apenas um recurso complexo” (RT_I⁷).

Na conceção destes desafios que um professor poderia ter quando integra recursos tecnológicos na sala de aula, evidenciou-se que FP mobilizaram o seu PK associado à planificação e implementação de aulas, em articulação com o TK, consolidando assim o seu TPK.

7.1.2. Currículo (C2)

C2₍₁₎: *Formulação de objetivos de aprendizagem quando se integra o uso da tecnologia*

Para as FP, a formulação de objetivos de aprendizagem quando se integra o uso de ferramentas tecnológicas na sala de aula implica um processo de planificação e, neste processo, o professor também deve ter em consideração outros fatores curriculares, como os indicados por Vitória: “o tópico que será abordado; o que se espera em termos das aprendizagens dos alunos, ou seja, o objetivo; e a forma como a ferramenta tecnológica será introduzida e utilizada” (RT_I¹).

Na T_I⁵, as FP tiveram a oportunidade de concretizar o indicado anteriormente. Por exemplo, Patrícia e Cristina propõem como objetivo da tarefa que “os alunos consigam utilizar e explorar o *software* de acordo com as necessidades da tarefa, [para] formular e testar conjecturas” (RT_I⁵). Enquanto Marta e Paula formularam que “com o auxílio do *software*, os alunos poderão desenvolver algumas capacidades transversais, tais como o raciocínio indutivo, desenvolvimento da linguagem matemática, o trabalho autónomo e cooperativo” (RT_I⁵).

Nos planos de aula elaborados pelas FP, os objetivos de aprendizagem formulados mostram a forma como as FP articularam o que se espera que os alunos façam com apoio de uma determinada tecnologia. Por exemplo, Marta e Paula só referiram “resolver uma tarefa investigativa utilizando o *software TinkerPlots*TM” (RT_I⁶), enquanto que Patrícia e Cristina aprofundaram um pouco mais indicando: “analisar, tratar, representar graficamente e interpretar dados recorrendo ao *TinkerPlots*TM” (RT_I⁶).

A formulação destes objetivos evidencia que, por um lado, as FP evidenciam o seu PCK no reconhecimento de aspetos curricularmente importantes como o raciocínio matemático, a comunicação matemática, a resolução de tarefas e o trabalho colaborativo

entre os alunos. Por outro lado, as FP mobilizam o seu TK reconhecendo a utilidade de uma ferramenta tecnológico para atingir as expetativas de aprendizagem. Contudo, a articulação entre estes dois conhecimentos não se evidencia, pois, os objetivos formulados pelas FP não indicaram como é esperado que os alunos usem a tecnologia para desenvolver as capacidades curriculares indicadas.

C2(2): Enquadramento da tecnologia no currículo escolar

Na resolução da T_1^2 as FP analisaram um plano de aula que promovia o ensino e aprendizagem de conteúdos estatísticos como o diagrama de extremos e quartis, o coeficiente de correlação e a reta de regressão linear, recorrendo a uma abordagem exploratória e usando o *Excel*. Nesta análise, as FP recorreram ao seu PCK, nomeadamente mobilizaram o seu conhecimento curricular sobre tópicos da Estatística para o 11.º ano, e ao seu TK, particularmente o seu conhecimento sobre o *Excel*. Na discussão coletiva, que se seguiu depois da análise do plano de aula, as FP destacaram que a integração desta *software* contribui a uma melhor exploração dos conceitos e processos matemáticos envolvidos. Por exemplo, Vitória afirmou que “a tecnologia permite criar tabelas e depois relacioná-las com os diferentes tipos de gráficos e permite fazer explorações e representações” (DCT_1^2) e, para Sara, “recorrer ao *Excel* era um bom método e é mais dinâmico” (DCT_1^2).

Além disto, os dados revelam que as FP conseguiram articular o TK com o CK, isto é, mobilizaram o seu TCK no reconhecimento das potencialidades de uma tecnologia para explorar conteúdos matemáticos. Por exemplo, depois da resolução da T_1^4 que envolveu a exploração do *GeoGebra*, Cristina indicou que “uma coisa que me impressionou no *software* foi a parte da visualização de curvas e gráficos, a possibilidade de ir variando as coisas, ou seja, perceber que além do visual consegue ver as relações [algébricas]” (DCT_1^4). Isto revela que a FP reconheceu este *software* como um recurso com potencialidade para o desenvolvimento de capacidades curricularmente importantes como a visualização dos conceitos matemáticos e a relação entre as várias representações para um mesmo conceito.

Do mesmo modo, na T_1^5 , as FP justificaram a tecnologia selecionada para resolver a tarefa que tinham elaborado, apoiando-se no enquadramento curricular dos conteúdos de Geometria e de Álgebra e a possibilidade que o *software* permite, neste caso o

GeoGebra, para ligar estes dois tópicos da Matemática, Por exemplo, Patrícia e Cristina indicaram que “como se trata de um *software* diversificado, com potencialidades ao nível geométrico e algébrico, o aluno tem a possibilidade de fazer uma exploração completa e rigorosa que o permite fazer comparações e tirar conclusões mais rapidamente” (RT_I⁵). No enunciado da tarefa elaborada por estas FP (Figura 7.1) verifica-se que as FP reconheceram as potencialidades do *GeoGebra* (TK) para promover a ligação entre a Geometria e a Álgebra durante a resolução das questões da tarefa (TCK).

O hexágono [ABCDEF] representado na figura é regular.

- a) Indica o número de eixos de simetria da figura.
- b) Descreva as simetrias de rotação que identificas na figura.
- c) Constrói a imagem A_1 do ponto A pela translação do vetor \vec{a} . Constrói a imagem B_1 do ponto B pela translação do vetor \vec{b} e, assim sucessivamente, constrói os pontos C_1, D_1, E_1, F_1 . Que figura obténs?
 - i. Qual é a sua área?
 - ii. Qual a relação existente com a área da figura inicial?
- d) Investiga o que acontece com:
 - i. Retângulo
 - ii. Triângulo Equilátero
 - iii. Pentágono
- e) Qual a razão das relações que encontraste? Verifica-se em qualquer polígono?

Figura 7.1. Enunciado da tarefa elaborada por Patrícia e Cristina (RT_I⁵)

Finalmente, dos três planos de aula elaborados pelas FP, só no plano de aula de Patrícia e Cristina se evidencia que as FP conseguiram, por um lado, situar o conteúdo que será trabalhado na aula dentro da unidade curricular respetiva e, por outro lado, articular esse conteúdo com as potencialidades que o *software* oferece para abordar esse conteúdo segundo o que é indicado no currículo escolar:

O trabalho pensado para esta aula segue as propostas feitas ao nível da Organização e Tratamento de Dados, considerando o tópico das Medidas de Localização e o dos Diagramas de Extremos e Quartis. Estes tópicos conseguem ser abordados através do recurso ao *TinkerPlots*TM e de comandos em concreto, como, por exemplo, o comando referente à mediana (Patrícia e Cristina, RT_I⁶).

Nota-se que estas FP mobilizam o seu PCK para enquadrar a sua proposta de ensino e aprendizagem no currículo escolar em articulação com o seu TK, reconhecendo as opções que oferece uma tecnologia específica para abordar os conteúdos matemáticos

segundo as orientações curriculares. A articulação entre estes dois conhecimentos evidencia o desenvolvimento e mobilização do TPACK destas FP para enquadrar curricularmente o uso da tecnologia na exploração de conceitos estatísticos.

C2(3): Gestão dos recursos tecnológicos na sala de aula

Para Marta, é essencial que o professor seja capaz de responder a algumas perguntas associadas à forma como ele vai gerir a tecnologia na sala de aula, como por exemplo “pretende-se que os alunos trabalhem a pares? pretende-se que os alunos explorem uma determinada situação ou utilizem a tecnologia como uma ferramenta de pesquisa?” (RT₁¹).

Estes aspetos foram contemplados na elaboração de planos de aula na T₁⁶, nos quais foram identificados elementos que evidenciam a mobilização do TPK das FP para organizar o currículo na sala de aula quando integram a tecnologia. Marta e Paula indicam que “excepcionalmente, ao utilizar o *TinkerPlots*TM, a turma estará dividida em grupos de dois ou três elementos” (RT₁⁶). Noutro plano, foi indicado que “o professor resume todo o trabalho realizado pelos alunos ao longo da resolução da tarefa e reforça a importância da utilização das TIC e os benefícios da utilização do *TinkerPlots*TM na resolução desta tarefa de investigação” (Sara e Vitória, RT₁⁶). Já na reflexão individual, Sara destacou que “quando utilizamos a tecnologia na resolução de tarefas, devemos ser capazes de prever um tempo aceitável para a sua concretização e necessitamos de pensar, em cada momento de aula, no uso que iremos dar à tecnologia, de forma a que a mesma seja adequadamente integrada ao longo da toda a aula” (RT₁⁷).

Estes dados mostram que as FP articularam o PK com o TK, mobilizando o TPK para reconhecer e definir os elementos que o professor deve considerar para ser um gestor eficiente dos recursos tecnológicos na sala de aula. Para isto, o professor deve integrar a tecnologia buscando a concretização dos objetivos de aprendizagem definidos (*para quê usar a tecnologia?*), deve gerir o tempo dos distintos momentos da aula (*quando usar a tecnologia?*, *quanto tempo usar a tecnologia?*) e deve justificar o uso da ferramenta tecnológica como um recurso curricularmente importante na sala de aula (*porquê usar a tecnologia?*).

C2(4): Estratégias de avaliação das aprendizagens quando se integra a tecnologia

Houve um único episódio na Experiência de Formação, durante a DCT_I³, referente às formas de avaliação das aprendizagens dos alunos durante a resolução de tarefas que integram o uso da tecnologia. Nesse episódio, as FP destacaram a importância de garantir uma forma para que o professor e os alunos registem o trabalho realizado na resolução da tarefa, que posteriormente será alvo de avaliação. Por exemplo, Cristina indicou que “é possível pedir ao aluno uma espécie de portefólio onde fique registado o trabalho do aluno, acompanhado com os registos de observação do professor” (DCT_I³).

A seguir, questionadas sobre o que o professor iria incluir nesses registos de observação, duas FP apresentaram posições diferentes, uma mais direcionada para a avaliação do produto final, “primeiro se o aluno conseguiu fazer, e segundo se ele conseguiu interpretar, por exemplo, o que é que esse gráfico transmite” (Patrícia, DCT_I³), e outra focada em avaliar o processo ao longo da resolução da tarefa: “saber fazer sim, mas também o raciocínio de como fez as coisas, por exemplo, se tentou fazer de outras maneiras, os passos que levou para dar a resposta” (Cristina, DCT_I³).

Embora estes dados evidenciam que as FP recorreram ao seu PCK associado à avaliação das aprendizagens, reconhecendo possíveis estratégias de avaliação do trabalho do aluno na sala de aula. Estes dados não evidenciam que as FP articularam este conhecimento com o TK, pois as estratégias de avaliação referidas não contemplam o uso da tecnologia na própria avaliação das aprendizagens nem explicitam a forma em como será avaliada a exploração e uso da tecnologia por parte dos alunos durante a resolução de tarefas matemáticas.

7.1.3. Aprendizagem (C3)

C3(1): Papel do aluno quando usa a tecnologia na realização de tarefas matemáticas

O conhecimento sobre os processos de aprendizagem da Matemática que as FP evidenciaram ter, levou-as a concordarem que o uso de recursos tecnológicos deve contribuir para o desenvolvimento da compreensão de conceitos e para garantir isto as aulas devem ser centradas nos alunos. Por exemplo, para Patrícia “é pretendido que estas aulas com as novas tecnologias sejam também centradas no aluno e, portanto, que estes sintam que aquela ferramenta tecnológica os ajudou a compreender a Matemática” (RT_I¹).

Vitória, por seu lado, destacou que numa aula que integre tecnologia o aluno deverá ter “um papel ativo na construção do próprio saber, permitindo um maior protagonismo na sua própria aprendizagem” (RT₁¹).

Este papel central e protagonista da sua aprendizagem, que as FP atribuíram ao aluno, foi concretizado nos seus planos de aula, pois neles as FP envolveram os alunos numa exploração ativa com a ferramenta tecnológica. Por exemplo, no plano de aula de Sara e Vitória, evidencia-se que as FP mobilizaram o seu PCK em articulação com o TCK, para prever e formular as possíveis soluções de uma tarefa (Figura 7.2) em função do que se espera que os alunos façam com o *software*, neste caso com o *TinkerPlots*TM: “durante toda a resolução da tarefa, o aluno permanece sentado no computador, trabalha colaborativamente, analisa e interpreta os gráficos. Relaciona os conceitos estatísticos e físicos para fundamentar as possíveis respostas de cada questão” (RT₁⁶).

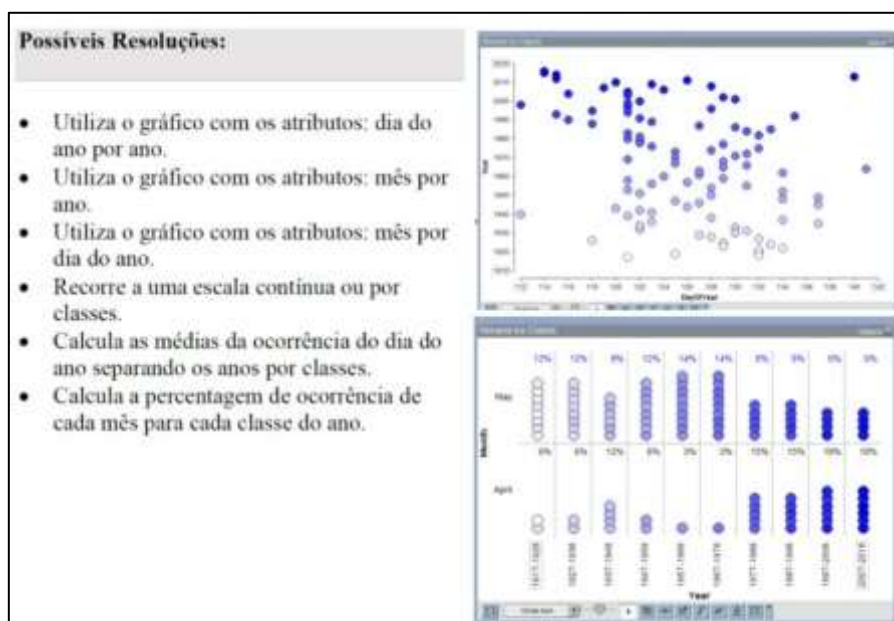


Figura 7.2. Possíveis soluções de uma tarefa formuladas no plano de aula elaborado por Sara e Vitória (RT₁⁶).

C3(2): *Potencialidades e desafios da tecnologia na aprendizagem de conteúdos matemáticos específicos.*

As FP reconheceram que o uso de ferramentas tecnológicas, principalmente o uso de *software* educacional, contribui para o desenvolvimento de processos como a representação, a abstração e a visualização de conceitos, o raciocínio matemático, a intuição, entre outros processos associados à compreensão matemática. Por exemplo,

Cristina argumentou que o uso da tecnologia por parte do aluno permite-lhe “um desenvolvimento da sua capacidade de visualização” e que “esta capacidade, para além de ajudar na integração clarificada de muitos resultados, contribui, naturalmente, para o desenvolvimento da sua intuição matemática” (RT_I¹). Para Paula, esta possibilidade que o aluno tem de visualizar os conceitos matemáticos através da tecnologia, ajuda-o a “compreender melhor esta disciplina, desenvolver o seu raciocínio matemático, melhorar as suas aprendizagens, aprender novas formas de pensar e de desenvolver Matemática” (RT_I¹).

Depois de terem usado o *TinkerPlots*TM durante a resolução de uma tarefa que abordava conceitos estatísticos, as FP reconheceram que a tecnologia enriquece a exploração de conceitos matemáticos. Para Patrícia “uma tal vantagem é que eles conseguiriam interpretar e visualizar melhor os conceitos” (DCT_I³). Além disso, as FP discutiram que a tarefa em questão, se fosse resolvida sem uma ferramenta tecnológica, limitaria a aprendizagem dos alunos a um processo mecânico, considerando que sem o uso do *TinkerPlots*TM os alunos “estariam mais empenhados em saber resolver os cálculos do que em interpretar” (Paula, DCT_I³). Com isto, as FP concluíram que um dos benefícios que o uso efetivo desta tecnologia oferece é facilitar a realização de cálculos rotineiros, para dar maior relevância à análise e interpretação das representações e dos resultados obtidos. Especificamente, a articulação entre o TK que Vitória adquiriu com a exploração do *TinkerPlots*TM e o seu PCK sobre a aprendizagem da Estatística, levou-a a concluir que este *software* promove a representação de um mesmo conceito de diversas formas, permitindo “ao aluno explorar vários tipos de representações, de forma a encontrar uma mais adequada para a justificação e a fundamentação do que era suposto realizar” (DCT_I³).

Finalmente, durante a reflexão individual (T_I⁷), as FP revelaram a consolidação do seu TCK, produto da exploração de ferramentas tecnológicas específicas como o *GeoGebra* e o *TinkerPlots*TM, reconhecendo as potencialidades destes *softwares* para promover processos de aprendizagem de conteúdos matemáticos. Por exemplo, Vitória indicou que “a tecnologia no ensino da Matemática promove uma melhor visualização e, com isso, faz atenuar a necessidade de abstração e de idealização, tornando as ideias menos complicadas e mais perceptíveis” (RT_I⁷). Para Cristina, esta visualização relaciona-

se com a possibilidade de representar de diferentes formas um mesmo conceito matemático, especificamente referindo-se ao *TinkerPlots*TM, esta FP afirmou que

A possibilidade de apresentar os dados de diferentes formas, como cartões ou tabelas, permitiu que o aluno tivesse uma visualização mais organizada e clara dos mesmos. Os diferentes comandos disponíveis permitiram que os alunos explorassem os dados de forma mais rápida, promovendo o aparecimento de vários tipos de representações gráficas e o aprofundamento das conclusões daí tiradas (RT₁⁷).

Paula, para além de ter salientado também o potencial que este *software* tem na visualização matemática, acrescentou que “o facto de se inserir uma ferramenta tecnológica na qual os alunos trabalham de forma independente, estes estariam mais motivados, pois a própria aula é diferente daquilo que é habitual” (RT₁⁷), motivação que, segundo as FP, estaria acompanhada de implicações positivas e benéficas para a aprendizagem da Matemática.

Os dados evidenciam que ao longo da Experiência de Formação, as FP consolidaram o seu TK, nomeadamente o conhecimento sobre *softwares* dinâmicos como o *GeoGebra* e o *TinkerPlots*TM, em articulação com o seu PCK, nomeadamente o conhecimento sobre os processos de aprendizagem de conteúdos matemáticos. Portanto, evidencia-se que as FP mobilizaram o seu TPACK, reconhecendo diversas potencialidades que ferramentas tecnológicas específicas tem para promover a exploração de conteúdos matemáticos e os processos de aprendizagem associados.

7.1.4. Ensino (C4)

C4₍₁₎: *Papel do professor quando usa a tecnologia na sala de aula*

Primeiramente, as FP reconheceram que, quando se integra a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, o professor exerce um papel reflexivo, que toma lugar principalmente no planeamento de aulas. No planeamento de aulas as FP argumentam que o professor deve refletir sobre as dificuldades de aprendizagem que os alunos poderiam ter e a forma como eles podem ultrapassar essas dificuldades com apoio da tecnologia. Segundo Paula, “o ideal é ultrapassar essas dificuldades com o uso da tecnologia” (DCT₁²), pelo que resulta relevante que os professores “trabalhem mais a tecnologia em si, e mesmo eles [os professores] reflitam sobre as dificuldades que poderiam ocorrer” (DCT₁²). Semelhantemente, Sara afirmou que o professor deve fazer

“uma boa exploração da tecnologia a utilizar, para que se sinta confortável na explicação da mesma (Sara, RT_I¹).

Depois, durante a resolução da T_I⁵, as FP concordaram que o professor de Matemática passar a ter um papel de orientador do trabalho dos alunos quando usam ferramentas tecnológicas na sala de aula. Um exemplo disso é quando Sara e Vitória indicaram que o professor “deve acompanhar o trabalho desenvolvido pelos alunos, esclarecer dúvidas que possam surgir na utilização do *GeoGebra* e também na interpretação e compreensão da tarefa. Deve colocar questões de forma a orientar os alunos nas suas explorações” (RT_I⁵). Pelo que se evidencia que as FP mobilizaram o seu TPK, nomeadamente o conhecimento sobre as adaptações da prática letiva quando se integra a tecnologia.

Segundo estes dados, interpreta-se que estes dois papéis do professor – reflexivo e orientador – salientados pelas FP, complementam-se entre si, pois na medida em que o professor faça uma boa reflexão prévia da ferramenta tecnológica que deseja integrar na sala de aula, ela suportará a sua prática orientadora do processo de aprendizagem dos alunos.

C4(2): Estratégias de ensino para orientar os alunos no uso efetivo de ferramentas tecnológicas na resolução de tarefas

Depois da exploração do *TinkerPlots*TM as FP refletiram e discutiram sobre possíveis estratégias de ensino para integrar este *software* na sala de aula, tendo consideração das funções dos comandos e do dinamismo do programa. Por exemplo, Patrícia indicou que ao integrar o *TinkerPlots*TM na sala de aula “é importante explicar e referir para que é que serve cada comando, ou se calhar, explicar o seu significado, também referir que tudo funciona a arrastar” (DCT_I³). Este espaço de discussão coletiva promoveu a articulação entre o TK, que as FP acabaram de adquirir sobre esta ferramenta tecnológica, e o PCK, associado às estratégias que o professor pode seguir para integrar esta ferramenta tecnológica na sala de aula.

Apesar de nesta discussão as FP começaram a definir possíveis estratégias de ensino para integrar a tecnologia na sala de aula, durante a discussão da T_I⁴, as FP concordaram sobre o desafio que poderiam enfrentar na integração do *GeoGebra* na sala de aula. Principalmente, indicaram que teriam dificuldade em orientar o trabalho autónomo dos

alunos, no sentido de planejar e executar estratégias que acompanhem os alunos de modo que sejam eles os protagonistas na exploração do *software*, como Cristina referiu: “seria difícil de poder dar apoio no uso efetivo da tecnologia e que acabem por não ter autonomia [os alunos], nós como professores seria difícil dar as dicas ou apoio sem dar a resposta concreta e imediata do que devem de fazer” (DCT₁⁴). Neste ponto, evidencia-se alguma dificuldade das FP para articularem o TK com o PK na formulação de estratégias de ensino que promovam uma integração efetiva da tecnologia.

Ainda que este desafio não impediu às FP de propor algumas estratégias de ensino para integrar a tecnologia na sala de aula, esta dificuldade foi evidenciada nos dados da T₁⁵, onde foi solicitado às FP para indicarem uma possível metodologia de aula para implementar a tarefa, que estava a ser elaborada por elas, na sala de aula. Nas resoluções das FP há aspetos, embora gerais, associados às estratégias de ensino adotadas em cada um dos trabalhos realizados. Por exemplo, organizar os alunos em pares ou tríades e a discussão coletiva das resoluções dos alunos foram opções referidas por todas, tal como foi proposto por Marta e Paula: “a tarefa seria trabalhada pelos alunos a pares. No fim, seria realizada uma breve discussão em grupo turma, com o objetivo de comparar as várias conjecturas desenvolvidas pelos alunos e apresentar o teorema de Pitágoras” (RT₁⁵). Já algumas outras opções salientam a forma como o professor deveria apoiar os alunos durante a exploração da tecnologia, neste caso o *GeoGebra*. Por exemplo, Sara e Vitória estabeleceram que o professor “deve acompanhar o trabalho desenvolvido pelos alunos, esclarecer dúvidas que possam surgir na utilização do *GeoGebra* e também na interpretação e compreensão da tarefa. Deve colocar questões de forma a orientar os alunos nas suas explorações” (RT₁⁵). Semelhantemente, Patrícia e Cristina sugeriram que o professor “questionar os alunos de forma a orientá-los para o trabalho autónomo, motivar e incentivar os alunos na sua exploração” (RT₁⁵).

Estes dados evidenciam que as FP recorrem ao seu PK para formular opções metodológicas da prática do professor na sala de aula. Se bem esclarecer dúvidas e levantar questões são possíveis estratégias que o professor pode seguir, considero que será preciso detalhar estas opções, por exemplo, como o professor abordará essas dúvidas?, como o professor pode direcionar o uso da ferramenta tecnológica para orientar os alunos a ultrapassarem as suas dificuldades?, quais as questões que o professor pode colocar?, qual será o foco destas questões, o conhecimento matemático ou a tecnologia

ou ambos? Portanto, apesar de que se identifica certa articulação do PK com o TK, as estratégias de ensino propostas são muito gerais, pouco diversificadas, e não especificam como o professor poderia orientar os alunos no uso de ferramentas tecnológicas para resolver tarefas matemáticas.

Este resultado verifica-se também nos planos de aula que as FP elaboraram (T_I^6). Somente no plano de aula de Patrícia e Cristina evidencia-se o seu TPK, na formulação de algumas estratégias de ensino que acompanham os alunos no uso da tecnologia, quando indicam que “os professores vão circulando pela sala para esclarecerem possíveis dúvidas que surjam relativamente ao *software*, devem ir relembrando que o programa funciona de forma muito simples, bastando para isso arrastar as componentes que se pretendem analisar” (RT_I^6).

Nas reflexões individuais, confirma-se que a formulação de estratégias de ensino específicas, diferenciadas e eficazes para integrar a tecnologia resulta ser uma dificuldade para as FP. Por exemplo, para Sara

A escolha de estratégias a serem utilizadas pelo professor foi também uma dificuldade encontrada na elaboração do plano de aula. A decisão de como atuar em caso de dificuldades por parte dos alunos, por si só, é complexa, mas no caso da integração da tecnologia, corresponde ainda a um maior grau de dificuldade por parte do professor, exigindo que este esteja muito bem familiarizado com a tecnologia a utilizar e que saiba responder de forma eficiente às dificuldades sentidas. Encontrar questões que pudessem ajudar os alunos a ultrapassar as suas dificuldades, contemplando as representações gráficas e as potencialidades que o *TinkerPlots*TM lhes poderiam oferecer não foi tarefa fácil (RT_I^7).

Marta também se referiu a esta dificuldade indicando que para ela “um dos maiores desafios à integração da tecnologia é responder à questão “*De que forma conseguimos implementar a tecnologia, de maneira eficaz, suscitando o interesse nos alunos e mantendo o foco essencial da aula?*” (RT_I^7 , aspas e itálico no original).

Portanto, os dados evidenciam limitação nas FP para articularem o TK com o PK na formulação de estratégias de ensino que orientem os alunos no uso efetivo de ferramentas tecnológicas na resolução de tarefas. Além disto, também não se evidenciou que as FP recorreram ao seu PCK e consideraram estratégias de ensino diversificadas para abordar conteúdos matemáticos específicos. De modo que, não houve mobilização do

TPACK das FP nesta componente sobre o conhecimento das estratégias de ensino quando se integra a tecnologia na sala de aula.

C4(3): *Tarefas quando se integra o uso de recursos tecnológicos na exploração de conteúdos matemáticos*

Em relação à natureza das tarefas que promovem mais o uso de recursos tecnológicos, durante a discussão da T_1^3 , as FP argumentaram que as tarefas de investigação são as mais adequadas para tirar maior proveito de um *software* dinâmico, como neste caso o *TinkerPlots*TM. Por exemplo, Cristina justificou que:

Permite que os alunos beneficiem das potencialidades do *TinkerPlots*TM, porque se fosse uma tarefa mais fechada os alunos limitar-se-iam ao uso dos comandos, mas numa tarefa de investigação os alunos vão explorar mais [os conceitos abordados] e vão tentar perceber o que estão a fazer (DCT_1^3).

De modo que estes dados evidenciam que as FP articularam o seu CK, nomeadamente o conhecimento de conteúdos estatísticos, com o TK, nomeadamente o conhecimento do *TinkerPlots*TM, reconhecendo as potencialidades que oferece uma ferramenta tecnológica para explorar determinados conteúdos matemáticos durante a resolução de uma tarefa de investigação.

Consequentemente, as FP reconheceram as vantagens de usar recursos tecnológicos na resolução de tarefas matemáticas. Os dados revelam que as FP mobilizaram o seu PK associado à natureza das tarefas em articulação com TK, com o propósito de salientar o uso que se pode dar à tecnologia na resolução de uma tarefa visando cumprir as metas específicas do ensino. Por exemplo, Vitória fundamentou que “as tecnologias contribuem para mudar a própria natureza dos problemas que são importantes na Matemática e os métodos que os matemáticos utilizam” (RT_1^7) e, para Sara, “a integração da tecnologia nas investigações estatísticas assume um papel relevante na medida em que, ao facilitar a interpretação dos dados permite que os alunos tirem melhores conclusões sobre os mesmos” (RT_1^7).

Finalmente, as FP articularam simultaneamente o CK, PK e TK, isto é, mobilizaram o seu TPACK especificando como uma ferramenta tecnológica, neste caso o *TinkerPlots*TM, potencializa a resolução de uma tarefa de investigação e permite explorar os conteúdos matemáticos envolvidos na tarefa. Por exemplo, Paula e Marta salientaram

o auxílio que este recurso oferece para facilitar a resolução da tarefa: “o *TinkerPlots*TM facilita a resolução da tarefa, facilitando os cálculos” (Paula, RT_I⁷) e “oferece uma vasta gama de ferramentas estatísticas, que permitem analisar dados de diferentes formas, facilitando a resolução da tarefa proposta” (Marta, RT_I⁷). Semelhantemente, Cristina argumentou que sem este programa o processo da resolução da tarefa seria mais complexo, indicando que “pelas suas características, [o *software*] facilita muito a resolução da tarefa proposta, permite que realizem a investigação estatística de um conjunto de dados de forma mais acessível, o que, sem o recurso a este *software*, seria um processo muito mais complexo e trabalhoso” (RT_I⁷).

7.1.5. Síntese dos resultados

Os resultados acima apresentados revelam que a T_I¹ e a T_I⁷ foram as fontes mais ricas para obter dados que permitiram analisar as concepções das FP, o que era de esperar devido à natureza mais reflexiva e objetivos destas tarefas. Ao longo da Experiência de Formação, as FP mantiveram a concepção de que o uso da tecnologia na sala de aula de Matemática é favorável para promover a motivação e a compreensão na aprendizagem dos alunos. No caso das tecnologias específicas, como os *softwares* educacionais *TinkerPlots*TM e *GeoGebra*, as FP consideraram o potencial destas ferramentas tecnológicas para promover a consolidação, exploração e visualização de conteúdos matemáticos específicos. Também reconheceram que a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática gera mudanças no ambiente de sala de aula, nomeadamente, mudanças no papel do professor e dos alunos quando se usa a tecnologia. Contudo, as FP exprimiram a preocupação sobre o desmedido uso da tecnologia na sala de aula, pelo que salientaram a importância de um uso da tecnologia equilibrado e bem orientado para os fins educativos pretendidos.

Ainda nas concepções, as FP consideraram que os professores nem sempre estão bem preparados para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, reconhecendo que também elas próprias, no início da Experiência de Formação, não se consideram formadas para este fim. Neste sentido, consideraram dois principais desafios que os professores podem enfrentar quando se integra a tecnologia: a

planificação da aula e a necessidade de justificar aos alunos a importância de integrar a tecnologia na sala de aula.

Finalmente, um dos resultados obtidos na componente das conceções evidencia mudança nas conceções das FP produto da sua participação na Experiência de Formação. Tal foi o caso de Marta, quem explicitou na sua reflexão individual (RT_1^7) a forma em como as suas conceções mudaram. Ela reconheceu que as conceções sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática mudaram favoravelmente ao longo da sua participação na Experiência de Formação.

Na componente sobre o currículo, segundo o que era de esperar, foi nas tarefas T_1^5 e T_1^6 que as FP formularam objetivos de aprendizagem na elaboração de propostas de ensino e de aprendizagem que integravam o uso de alguma ferramenta tecnológica. Na formulação destes objetivos, embora as FP evidenciassem o seu PCK no reconhecimento de aspetos curricularmente importantes como o raciocínio matemático, a comunicação matemática, a resolução de tarefas e o trabalho colaborativo entre os alunos, não conseguiram articular este conhecimento com o seu TK, pois os objetivos formulados não indicaram como era esperado que os alunos usem a tecnologia para desenvolver as suas aprendizagens.

O conhecimento sobre o currículo escolar, também permitiu que as FP enquadrassem as distintas tecnologias exploradas (*Excel*, *GeoGebra* e *TinkerPlots™*) no programa escolar. Este enquadramento não só permitiu articular a tecnologia (TK) com conteúdos específicos (CK), mas também na forma em como estes conteúdos podiam ser explorados com a tecnologia (TCK). Particularmente, os resultados também mostram que as FP articularam o seu PCK e o seu TK no reconhecendo das opções que oferece uma tecnologia específica para abordar os conceitos estatísticos segundo as orientações curriculares.

Ainda na componente sobre o currículo, os resultados mostram que as FP articularam o PK com o TK, mobilizando o TPK para reconhecer e definir os elementos curriculares que o professor deve considerar para ser um gestor eficiente dos recursos tecnológicos na sala de aula. Finalmente, as FP mobilizaram o seu PCK associado à avaliação das aprendizagens, dando algumas sugestões para avaliar o trabalho dos alunos quando resolvem uma tarefa que envolve o uso da tecnologia, não obstante, as estratégias

de avaliação referidas não contemplaram o uso da tecnologia na própria avaliação das aprendizagens nem explicitaram a forma em como será avaliado o uso da tecnologia.

No que diz respeito à componente sobre a aprendizagem, os dados evidenciam que ao longo da Experiência de Formação, as FP consolidaram o seu TK, nomeadamente o conhecimento sobre *softwares* dinâmicos como o *GeoGebra* e o *TinkerPlots™*, em articulação com o seu PCK associado ao conhecimento sobre os processos de aprendizagem de conteúdos matemáticos. Sendo capazes de reconhecer diversas potencialidades que ferramentas tecnológicas específicas têm para promover a exploração de conteúdos matemáticos e os processos de aprendizagem associados, como a visualização matemática, a representação de conceitos matemáticos e o desenvolvimento do raciocínio matemático.

Sobre o ensino, as FP reconheceram que quando se integra a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, o professor exerce dois papéis principais, como professor reflexivo na planificação de aulas e como professor orientador dentro da sala de aula. Os resultados também evidenciam que apesar de que se identifica certa articulação do PK com o TK, as estratégias de ensino propostas pelas FP são muito gerais, pouco diversificadas, e não especificaram como o professor poderia orientar os alunos no uso de ferramentas tecnológicas para resolver tarefas matemáticas. Além disto, os resultados mostram que as FP evidenciaram o seu TPK no reconhecimento das vantagens de usar recursos tecnológicos na resolução de tarefas matemáticas, visando cumprir as metas específicas do ensino.

7.2. Resultados do 2.º ciclo de experimentação

Os resultados aqui apresentados são o produto da análise dos dados extraídos das doze tarefas que os futuros professores (FP) resolveram durante o 2.º ciclo de experimentação da Experiência de Formação na sala de aula. Para esta análise, foram considerados dados extraídos da resolução da tarefa (RT_{II}^n), da discussão coletiva da tarefa (DCT_{II}^n) e da reflexão individual que os FP fizeram de algumas das tarefas (RIT_{II}^n). Esta reflexão individual forma parte da elaboração do *e-portefólio* (T_{II}^{12}) em conformidade com o enunciado que foi indicado aos FP (ver descrição da T_{II}^{12} na seção 6.1.2 no capítulo 6).

7.2.1. Concepções (C1)

C1₍₁₎: *Integração da tecnologia na Educação Matemática*

Os FP reconheceram a importância de integrar recursos tecnológicos na Educação Matemática em função dos contributos que estes recursos podem dar ao ensino e à aprendizagem da Matemática. Por exemplo, Glória considerou que “a tecnologia quando integrada na aula deve ter objetivos claros quanto ao seu uso, precisa ter consciência das suas potencialidades e como colabora nas aprendizagens dos alunos” (DCT_{II}³). Em relação a objetivos, os FP salientaram dois objetivos principais que se devem buscar com a tecnologia e Ana sintetizou muito bem o concordado também pelos seus colegas, indicando que “os objetivos que se pretendem cumprir com a introdução da tecnologia na sala de aula: facilitar o processo de aprendizagem e estimular o gosto pela Matemática” (RT_{II}¹).

Em termos do potencial que as tecnologias oferecem ao ensino e à aprendizagem da Matemática, Sofia afirmou que “sempre vi o uso da tecnologia como uma vantagem” (RT_{II}¹), assim os FP enumeraram algumas das vantagens ou benefícios que traz a tecnologia na Educação Matemática. Por exemplo, Glória considerou que para o professor uma vantagem é a “praticidade em questão de economizar tempo em que o professor tem em sala de aula e a diversidade em meios de transmitir seja uma informação ou uma ideia” (RT_{II}¹). Enquanto para o aluno, “a tecnologia traz grandes vantagens como a visualização, cada vez mais precisa de objetos geométricos, a exatidão nas representações gráficas e a otimização no tratamento de uma quantidade de dados considerável” (Ana, DCT_{II}²).

Depois de terem usado o *Excel* para resolver a T_{II}³, suportados no TK em articulação com o PK, os FP reconheceram potencialidades deste *software* para a aprendizagem da Estatística. Para Samuel, esta ferramenta tecnológica é útil para a verificação do conhecimento adquirido pelos alunos, especificamente, ele considerou que o uso do *software* é “uma forma do aluno verificar aquilo que já aprendeu fazer sem apoio da ferramenta” (Samuel, DCT_{II}³). Além disto, Isabel salientou outras capacidades que se podem desenvolver quando os alunos utilizam o *Excel*: “penso que as capacidades de organização, tratamento de dados, exploração de cenários de resolução, comunicação de resultados. saem altamente beneficiadas com o uso da tecnologia” (Isabel, DCT_{II}³).

Não obstante, algumas concepções dos FP manifestaram certas preocupações ou inquietudes que eles tinham associadas à integração da tecnologia na Educação Matemática. Por exemplo, Glória alerta que “o uso da internet em sala de aula pode causar distrações pelos alunos, pois a falta de controle pode desviar o rumo da aula” (RT_{II}¹). Por sua parte, Tiago exprimiu o receio de que a tecnologia pode limitar ou debilitar algumas competências de aprendizagens dos alunos, para ele se deve prever que a tecnologia “não gerará prejuízos nas aprendizagens de outros conteúdos ou competências” (RT_{II}¹). Este FP concebeu que o uso indiscriminado e desmedido das ferramentas tecnológicas pode debilitar o desenvolvimento de habilidades e capacidades nos alunos.

Eu penso que para ser implantado as tecnologias na escola tem que ser de forma bem planeada, para que elas não prejudiquem o desenvolvimento de alguma capacidade do aluno. Para isso acho que não pode haver um uso rotineiro de *software* de geometria, *software* de álgebra e da calculadora gráfica (Tiago, RT_{II}¹).

Numa outra perspectiva, Ana e Sofia consideram que “a utilização da tecnologia não pode substituir a compreensão conceitual” (RT_{II}⁴). Estas concepções, que apontam mais para as inquietudes dos FP quando se integra a tecnologia na sala de aula, se bem apareceram nas primeiras tarefas da TFA, alguns FP, durante a resolução das tarefas da segunda fase da TFA, mantiveram a posição de que deve existir um equilíbrio no uso de recursos tecnológicos, alertando para possíveis problemas ou dificuldades que podem surgir se a tecnologia é usada desmedidamente.

Por exemplo, Sofia indicou que “acho que a escola tem de se adaptar à tecnologia, mas não deixar de parte o material manual” (DCT_{II}⁵). Nesta discussão os FP salientaram a importância de discernir sobre quanto tempo, quando e para quê utilizar a tecnologia, buscando não cair em usos inapropriados e pouco significativos para o ensino e a aprendizagem da Matemática. No caso do Tiago, apesar de que ele considerava pouco atrativo usar ferramentas tecnológicas, referiu como deveria ser o uso equilibrado da tecnologia:

Eu não sou um grande adepto da tecnologia para aprendizagem, logo acho que temos que utilizá-la quando ela se tornar algo indispensável ou quando a tecnologia é o recurso mais adequado para se aprender determinado conteúdo ou competência (Tiago, RIT_{II}⁵).

Depois da resolução da T_{II}⁶ que integrava o uso da calculadora gráfica, os FP chegaram a discutir sobre aprender a usar a tecnologia *versus* aprender os conceitos

matemáticos, concluindo que a aprendizagem dos conceitos deve ser a prioridade do ensino da Matemática. A este respeito, Samuel considerou que “as máquinas têm potencialidades, como as calculadoras gráficas, mas eu acho que se deve prestar mais atenção aos conteúdos. Ou seja, não sei se eu iria perder tempo em ensinar a usar a calculadora, por exemplo para calcular a deriva” (DCT_{II}⁶). Também referiram que a compreensão dos conceitos matemáticos pode ver-se afetada quando se utiliza a tecnologia de forma mecânica. Por exemplo, Ana pensa que “quando o aluno usa a calculadora como um repositório de informação, cria uma dependência da calculadora. Eu acho que isto gera insegurança no conhecimento que ele sabe e acaba por prejudicar a aprendizagem dele, porque consulta tudo na calculadora” (DCT_{II}⁶). Mas além de expressar este sentir, esta FP conseguiu exprimir, ainda muito timidamente, uma sugestão que ela considerou para resolver este problema: “eu acho que primeiro é saber resolver analiticamente, depois a máquina deve ser um complemento e não a forma direta de resolver um exercício” (Ana, DCT_{II}⁶).

Estes dados evidenciam que os FP recorreram ao seu PK em articulação com o TK, na conceção de possíveis desafios ou constrangimentos que poderiam surgir quando se integra a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

C1(2): O professor na integração da tecnologia na Educação Matemática

Na primeira fase da TFA, as conceções manifestadas pelos FP referiram que a só presença da tecnologia traz dificuldades para o professor. Por exemplo, para Sofia “uma aula com tecnologias deverá ser mais difícil de controlar relativamente ao método de ensino expositivo” (RT_{II}¹) e, conseqüentemente, uma deficiente integração da tecnologia por parte do professor, pode produzir “constrangimentos nas aprendizagens dos alunos” (Tiago, RT_{II}¹).

Os FP salientaram que a integração de uma ferramenta tecnológica aumenta os elementos que o professor deve de gerir numa sala de aula, por exemplo, “controlar o uso dos computadores por parte dos alunos é um desafio para o professor na sala de aula, pois este uso pode levar à desconcentração e perder o foco da aula” (Sofia, DCT_{II}²). Para Ana estes desafios ainda se tornam maiores “para um professor em início de carreira, que ainda está a tentar lidar com outros fatores determinantes para o sucesso de cada aula” (RT_{II}²). Porém, em contrapartida, esta FP enumerou alguns deveres do professor para enfrentar

estes desafios, por exemplo, ao integrar o *GeoGebra* na sala de aula “o professor deve dominar a ferramenta tecnológica, deve controlar o entusiasmo dos alunos na sala de aula e deve conseguir encaixar a tecnologia nos diferentes tópicos matemáticos” (Ana, RT_{II}²).

Um outro desafio concebido teve lugar depois do uso de *Excel* na resolução da tarefa T_{II}³, em concordância com o seus colegas e suportada no seu TK, Ana expressou que “o professor pode passar mais tempo a explicar o próprio *Excel* do que a tarefa em si, correndo o risco de, mais uma vez, não cumprir os objetivos estabelecidos” (DCT_{II}⁴),

Estes dados mostram que os FP recorrem ao seu PK, nomeadamente o conhecimento do professor e a sua prática profissional, em articulação com o seu TK, mobilizando assim o seu TPK na conceção de desafios ou dificuldades do professor para integrar a tecnologia na sala de aula.

Apesar de que estas concepções sobre o professor se focam nos desafios, no final da Experiência de Formação, na reflexão individual (T_{II}¹¹), os dados evidenciam que os FP, apoiados no seu TPK, manifestaram concepções favoráveis em relação à integração da tecnologia na sua futura prática profissional. Por exemplo, Isabel considerou que “penso que serei uma professora tecnológica, consciente que só por se, a tecnologia não promove sucesso ou insucesso das aprendizagens” (RT_{II}¹¹). Samuel exprimiu que “enquanto possível futuro professor vejo sem dúvida incluir os recursos tecnológicos em contextos educativos vocacionados para o ensino da Matemática”. No caso da Sofia, aprofundou um pouco mais, indicando que não só vai integrar a tecnologia na sua futura prática como docente, senão que também é consciente de que a sua aprendizagem e formação nesta área será constante e progressiva:

Relativamente ao uso da tecnologia, espero como professora ser capaz de usá-la da melhor forma possível, melhorando e estimulando o processo de ensino e aprendizagem dos meus alunos, tendo consciência que dada a evolução tecnológica estarei sempre numa contínua aprendizagem (Sofia, RT_{II}¹¹).

7.2.2. Currículo (C2)

C2₍₁₎: *Formulação de objetivos de aprendizagem quando se integra o uso da tecnologia*

Em três das doze tarefas os alunos tinham que formular objetivos de aprendizagem que suportaram propostas de ensino e aprendizagem que hipoteticamente seriam

aplicadas na sala de aula. Por exemplo, na resolução da T_{II}^7 , dos três grupos de trabalho, só um dos grupos de maneira explícita integrou a tecnologia na formulação dos objetivos de aprendizagem. Este foi o trabalho de Samuel e Tiago, estes FP indicaram que um dos objetivos que esperariam desenvolver com a sua proposta de ensino e aprendizagem é “explorar as potencialidades da *applets* na consolidação das aprendizagens anteriores (visualização gráfica e exploração da manipulação dos parâmetros)” (RT_{II}^7).

Logo na fase final da TFA, a ocorrência na formulação de objetivos de aprendizagem que contemplem a integração da tecnologia aumentou no plano de aula elaborado pelos FP, de modo que cada grupo de trabalho formulou pelo menos um objetivo de aprendizagem que integrava o uso da tecnologia. Por exemplo, no plano de Ana e Sofia, as FP apresentaram o objetivo de “utilizar a tecnologia com um caráter pedagógico na resolução de problemas envolvendo casos notáveis” (RT_{II}^{10}). No caso de Glória e Isabel, elas indicaram que através do “uso do *Excel* para o estudo de representações gráficas de funções polinomiais” esperam que os alunos consigam “analisar características de funções polinomiais a partir da visualização de gráficos” (RT_{II}^{10}). Finalmente, Samuel e Tiago indicaram que com a sua proposta esperam que os alunos consigam “aplicar eficientemente as funcionalidades de um *software* na representação e interpretação de figuras geométricas” e “compreender os benefícios do *software* na criação de conjecturas” (RT_{II}^{10}).

Com estes dados evidencia-se que na formulação destes objetivos os FP mobilizaram o PCK, nomeadamente o conhecimento sobre o currículo escolar, reconhecendo os conteúdos matemáticos que desejavam abordar segundo os princípios estabelecidos no programa curricular da escola, como por exemplo, a visualização gráfica de funções, a manipulação de parâmetros, a aplicação dos casos notáveis. Além disto, os FP articularam este conhecimento com o seu TCK, ao referir as ferramentas tecnológicas para explorar os conteúdos matemáticos. Ainda mais, a própria formulação do objetivo revela a mobilização do TPACK dos FP, na formulação de objetivos de aprendizagem para propostas de ensino e aprendizagem da Matemática que integram a tecnologia.

C2(2): Enquadramento da tecnologia no currículo escolar

Na resolução da T_{II}^3 os FP mobilizaram o seu conhecimento sobre a Estatística e reconheceram que a tecnologia, tal como no caso do *Excel*, resulta ser um recurso

curricular que se enquadra adequadamente para abordar tópicos associados à Estatística. Por exemplo, Isabel justificou que “o domínio Estatística deve ser naturalmente trabalhado recorrendo à tecnologia. No tratamento de um grande volume de dados é inviável calcular estatísticas apenas com lápis e papel” (DCT_{II}³). Mais especificamente, suportados no seu conhecimento sobre o programa escolar, Samuel e Tiago enumeraram alguns conteúdos estatísticos nos quais o *Excel* se enquadra curricularmente, para eles este *software* é um “recurso adequado porque permite relacionar tabelas, registrar dados de duas variáveis, possui funcionalidades que facilitam o trabalho e permite visualizar a média, moda, mediana, gráfico (dispersão, linearização barras...) e outros conteúdos estatísticos” (RT_{II}⁴).

Estes mesmos FP, depois de explorar o *GeoGebra* durante a resolução da T_{II}⁵, conseguiram enquadrar o recurso tecnológico com conteúdos específicos do programa curricular, reconhecendo o ano de escolaridade e os conteúdos curriculares que justifica o uso desta ferramenta tecnológica para explorar esses conteúdos. Estes FP indicaram que o *GeoGebra* é adequado no “5º ano para trabalhar a noção de ângulo, perpendicular de linhas, paralelismo de linhas, noção de côncavo e convexo aplicado nos quadriláteros e a identificação de polígonos através de suas propriedades” (Samuel e Tiago, RT_{II}⁵). Tiago acrescenta que “o *Geogebra* é um *software* interessante para trabalhar conteúdos de geometria, porque ele permite a visualização dos objetos geométricos e facilita fazer algumas conjecturas como as que foram levantadas na realização dessa tarefa” (RIT_{II}⁵), destacando assim processos curricularmente importantes como a visualização e a formulação de conjecturas. Estes dados evidenciam que os FP articularam o seu PCK com o TCK no enquadramento curricular da tecnologia.

O conhecimento curricular que os FP mobilizaram resulta ser um conhecimento base que eles consultam, não só para enquadrar a tecnologia no currículo, senão também para justificar o seu uso. Depois da resolução de uma tarefa com apoio à calculadora gráfica (T_{II}⁶), os FP discutiram sobre a análise gráfica que a calculadora permite fazer sobre as assíntotas de uma função, enquadrando assim esta tecnologia com os conteúdos associados ao estudo de funções, nomeadamente, o comportamento assintótico. Por exemplo, Samuel argumentou que “realmente é positivo dizer aos alunos que ao usar a calculadora tem-se uma noção das assíntotas que o gráfico de uma função tem, pois se

eu vejo que a máquina de calcular mostra uma assíntota horizontal, foço logo então o cálculo da equação da assíntota horizontal” (DCT_{II}⁶).

Na T_{II}⁷ os FP além de terem selecionado uma *applet*, era pedido aos FP indicarem os conteúdos programáticos específicos que permitiram enquadrar essa *applet* no currículo escolar. Os dados evidenciam que cada dupla de trabalho consultou o currículo para articular a *applet* selecionada com os conteúdos que desejavam abordar e explorar com essa tecnologia, evidenciando novamente que os FP conseguiram articular o PCK com o TCK. Por exemplo, no caso de Ana e Sofia, escolheram uma *applet* que permitia explorar os números racionais positivos e negativos, indicando que a sua proposta de ensino e aprendizagem se situa no “domínio curricular de Números e Operações do 6.º ano do Ensino Básico” (RT_{II}⁷). No trabalho de Samuel e Tiago, escolheram uma *applet* enquadrada no 12.º ano no domínio curricular de Trigonometria. Especificamente, estes FP indicaram que “era uma *applet* adequada para introduzir o estudo de transformações periódicas no capítulo da trigonometria que faz parte do programa do 12º ano” (RT_{II}⁷). Já no caso de Glória e Isabel, a *applet* selecionada foi enquadrada no tema de Geometria Plana, pois como Glória argumentou: “como eu queria trabalhar conteúdos relacionados à geometria, então aí fui olhando o currículo e ver onde é que trabalhava a geometria, eu vi que no nono ano já trabalhavam muito com os elementos de Euclides” (DCT_{II}⁷).

Na terceira e última fase da TFA, na resolução das tarefas T_{II}⁹ e T_{II}¹⁰ era solicitado aos FP elaborarem, a pares, uma proposta de ensino e aprendizagem na qual se esperava que os FP enquadrassem o uso de um recurso tecnológico dentro do currículo escolar. Para isto, na T_{II}⁹ cada grupo selecionou e adaptou uma tarefa de um manual escolar, selecionou uma ferramenta tecnológica apropriada para resolver essa tarefa e enquadrou essa tecnologia dentro do currículo escolar. Posteriormente, na T_{II}¹⁰ os FP elaboraram um plano de aula que tinha por base a tarefa elaborada na T_{II}⁹. Assim, como era esperado, cada grupo conseguiu situar a proposta de ensino e aprendizagem no ano de escolaridade e no domínio curricular respetivo. Por exemplo, Ana e Sofia indicaram que a tarefa selecionada se enquadra no 8.º ano no “domínio de Álgebra” no “Tópico: Monómios e polinómios – Casos notáveis” (RT_{II}⁹). No caso de Glória e Isabel, as FP situaram a tarefa no 10º ano no “domínio: funções reais de variável real, gráficas de funções” (RT_{II}⁹). Finalmente, Samuel e Tiago não só indicaram o ano e domínio curricular onde está

dirigida a sua proposta, mas também foram os únicos em justificar esta opção por eles escolhida, associando a ferramenta que selecionaram, neste caso o *GeoGebra*, com os conteúdos matemáticos envolvidos na tarefa e que seriam explorados com o *software*. Por exemplo, primeiramente indicaram que a propõem a tarefa para o 9.º no tema das “razões trigonométricas”, mas logo acrescentaram que:

Procurámos um conceito cujo enquadramento curricular favorecesse a integração do uso de recursos tecnológicos no ensino da Matemática e nas metodologias a dinamizar em sala de aula. Assim, nas metas curriculares do 9.º ano de escolaridade, para o conteúdo de trigonometria, é prevista a construção de triângulos retângulos e de triângulos semelhantes para interpretação geométrica das razões trigonométricas e suas propriedades – e as novas tecnologias permitem agilizar estas atividades de aprendizagem e implicar a proactividade do aluno na sua concretização (Samuel e Tiago, RT_{II}¹⁰).

Estes dados confirmam que os FP consultaram o currículo escolar, nomeadamente os conteúdos do programa escolar (PCK), selecionaram uma possível tecnologia para explorar esses conteúdos (TCK) e, posteriormente, justificaram e enquadraram essa ferramenta tecnológica no currículo escolar (TPK), destacando as potencialidades da tecnologia para explorar esses conteúdos. Portanto, evidencia-se que os FP mobilizaram o seu TPACK no processo de enquadrar uma ferramenta tecnológica no currículo escolar.

C2(3): Gestão dos recursos tecnológicos na sala de aula

A boa gestão dos recursos tecnológicos na sala de aula é um fator que os FP sublinharam como importante e necessário para uma integração efetiva da tecnologia na sala de aula. Esta gestão deve propiciar a criação de ambientes de ensino e aprendizagem diferenciados para o bom uso da tecnologia por parte do professor e dos alunos. Segundo Samuel “as vantagens pedagógicas, que a introdução de novas tecnologias pode propiciar, só se tornam verificáveis se tal introdução for devidamente acompanhada por novas formas de gestão do ambiente de aula”, este FP acrescentou que estas novas formas devem de caracterizar-se pelo “desenvolvimento de estruturas de gestão mais centradas na colaboração entre alunos/professor” (RT_{II}¹).

Para conseguir estas mudanças na forma em como o professor gere os recursos tecnológicos na sala de aula, os FP discutiram sobre a responsabilidade da escola para garantir as condições adequadas para integrar as ferramentas tecnológicas. Por exemplo, Sofia indicou que “as aulas da escola devem estar equipadas para o uso de tecnologias,

por exemplo, equipadas com o computador, que permita o uso de *softwares* como o *GeoGebra*” (DCT_{II}²). Enquanto Ana, além de concordar com a sua colega, argumentou que “o professor deverá ter um controlo grande na organização da aula e do tempo” (DCT_{II}²).

Desta forma, interpreta-se que os FP salientaram elementos como a escola, a organização da aula, o tempo e o próprio professor, como elementos curriculares que se devem considerar para uma boa gestão dos recursos na sala de aula. Estes dados evidenciam que os FP recorreram ao seu PK associado à gestão da sala de aula, e reconheceram que estes elementos curriculares se devem de ajustar quando se integra a tecnologia na sala de aula. Portanto, verifica-se que os FP articularam o PK e o TK, consolidando o seu TPK na formulação de propostas de gestão dos recursos tecnológicos na sala de aula.

C2(4): Estratégias de avaliação das aprendizagens quando se integra a tecnologia

Somente em duas ocasiões, dois FP fizeram referência a possíveis estratégias de avaliação das aprendizagens quando se integra a tecnologia na sala de aula de Matemática. O primeiro momento aconteceu na reflexão individual que Glória fez sobre a T_{II}⁸, tarefa na qual Glória e Isabel selecionaram o *Excel* como a ferramenta tecnológica que se usaria para resolver a tarefa na proposta de ensino e aprendizagem por elas elaborada. Na sua reflexão individual, Glória salientou um aspeto muito importante para tomar em conta na avaliação formativa das aprendizagens, ela indicou que “um dos propósitos e usos da folha de cálculo é a recolha de elementos de avaliação” (RIT_{II}⁸), para isto, a FP acrescenta que “prevê a recolha de evidências para a avaliação das aprendizagens” (RIT_{II}⁸), pelo que “está previsto o registo das respostas à tarefa, na própria folha de cálculo, em suporte digital” (RIT_{II}⁸). Na formulação destas estratégias, evidencia-se que a FP reconheceu as potencialidades de uma ferramenta tecnológica específica (TK) para a avaliação das aprendizagens dos alunos (PK), dando indicações de como prevê orientar o uso da ferramenta tecnológica de modo que os próprios alunos façam um registo do seu trabalho, registo que será depois revisado e avaliado pelo professor.

O segundo momento teve lugar na reflexão individual do Samuel, nesta reflexão este FP reconheceu que a experiência pessoal que ele teve na construção do *e-portefólio*,

permite-lhe sugerir que este recurso tecnológico constitui uma opção para avaliar as aprendizagens dos alunos na escola.

A construção do portefólio, além de proporcionar um modelo inovador de apresentação de conteúdos que permitirá trabalhar a criatividade e o espírito de iniciativa dos alunos, permitiu criar um entendimento sobre as suas vantagens enquanto elemento de aprendizagem que pode ser sujeita a instrumentos de avaliação somatória de tipo feedback escrito (RT_{II}^{11}).

Apesar de que estas possíveis estratégias de avaliação apoiadas no uso de ferramentas tecnológicas referidas por estes FP são muito gerais, no sentido de que não estão fundamentadas num contexto específico de ensino e aprendizagem da Matemática, estes dados mostram que os FP articularam o seu PK associado à avaliação das aprendizagens com o TK, mobilizado o TPK na formulação de possíveis estratégias, que contemplem o uso de recursos tecnológicos, para avaliar as aprendizagens dos alunos.

7.2.3. Aprendizagem (C3)

C3₍₁₎: *Papel do aluno quando usa a tecnologia na realização de tarefas matemáticas*

Os FP concordaram que quando se integram ferramentas tecnológicas na sala de aula de Matemática o papel do aluno muda, o aluno passa a ter mais protagonismo e assumir mais participação ativa na realização de tarefas que envolvam o uso da tecnologia. Para Samuel, “uma das principais razões que justificam a integração das novas tecnologias nas aulas de Matemática consiste nas oportunidades que estas originam no que diz respeito ao desenvolvimento de dinâmicas educativas que instiguem o envolvimento ativo do aluno nas atividades de aprendizagem” (RT_{II}^1). Além disto, este FP acrescentou que:

Com a integração da tecnologia na sala de aula é esperada uma alteração da ecologia das aprendizagens, acima de tudo porque esta integração vai levar a transformar o papel do aluno, orientando-o a assumir mais responsabilidades na descoberta dos conteúdos e na delineação do seu próprio percurso de aprendizagem (Samuel, RT_{II}^1).

Este envolvimento ativo deve de acontecer nos momentos de uso e exploração de recursos tecnológicos, pois “é essencial que seja o aluno a explorar, que seja ele mesmo a mexer na tecnologia” (Sofia, RT_{II}^1). Estes dados evidenciam que os FP mobilizam o seu PCK, nomeadamente, o conhecimento sobre os alunos e as implicações que eles têm na

sua própria aprendizagem, e articulam este conhecimento com o TK associado às potencialidades de uma determinada tecnologia.

Na T_{II}^2 os FP discutiram que existe então uma diferenciação entre um papel passivo do aluno, que é característico do ensino tradicional onde o aluno é um mero recetor de informação; e o papel ativo do aluno, que deve ser o alvo no ensino com tecnologia. Por exemplo, Ana argumentou que “para que a aprendizagem se dê de forma efetiva é necessário que o aluno passe a assumir o seu papel na ótica do utilizador (perspetiva pedagógica) e que deixe o de observador (perspetiva funcional), ou seja, o aluno tem de por as “mãos na massa”” (RIT $_{II}^2$, aspas no original). Estes dados evidenciam que os FP mobilizaram o conhecimento adquirido produto da resolução da T_{II}^1 associado às duas perspetivas para integrar a tecnologia na sala de aula (pedagógica ou funcional), revelando a consolidação do TPK para a aprendizagem da Matemática.

C3(2): *Potencialidades e desafios da tecnologia na aprendizagem de conteúdos matemáticos específicos.*

Na primeira fase da TFA, os FP destacaram algumas potencialidades da tecnologia na aprendizagem da Matemática. Por exemplo, Ana enumerou algumas das potencialidades do *GeoGebra* para promover processos da aprendizagem dos alunos, indicando que o *software* permite “exatidão e rigor nas representações matemáticas, interatividade, estimula o raciocínio espacial dos alunos” (RT $_{II}^2$). No caso do *Excel*, depois da resolução da T_{II}^3 , Samuel indicou que “o *Excel* permite uma visualização mais rápida de vários conceitos como a média, mediana, moda” (DCT $_{II}^3$); e para Glória “uma das potencialidades do *Excel* é essa oportunidade que o usuário tem de criar suas próprias programações, ou seja, os alunos conseguem com a criação de fórmulas programar o computador para fazer algo” (DCT $_{II}^3$). Estes dados mostram que os FP articularam o seu PK, nomeadamente o conhecimento sobre os processos de aprendizagem, e o TK, particularmente o conhecimento sobre o *GeoGebra* e o *Excel*. Portanto, evidencia-se que os FP mobilizaram o seu TPK, reconhecendo o uso que os alunos lhe podem dar a certas ferramentas tecnológicas para potencializar a sua aprendizagem.

Numa outra perspetiva, os FP também reconheceram alguns desafios que o uso da tecnologia pode trazer à aprendizagem da Matemática. Por exemplo, Tiago, suportado no seu TK, particularmente o seu conhecimento sobre o *GeoGebra*, justificou que “o uso do

GeoGebra pode inibir outras capacidades, porque quando usa o *software* perde a capacidade de construção de um gráfico por exemplo, limita a capacidade de visualização e abstração” (DCT_{II}²). Semelhantemente Ana, uma vez que utilizou o *Excel* para calcular a média de um conjunto de dados, argumentou que “o uso de um algoritmo como o cálculo da média, a tecnologia pode não produzir aprendizagem do que está por detrás” (DCT_{II}²). Outro desafio, mas de natureza técnica, relaciona-se com a familiarização que os alunos possam ter com alguma determinada tecnologia. A este respeito, Ana e Sofia indicaram que “a sua utilização [do *Excel*] pode provocar grandes dificuldades aos alunos quando estes não estão familiarizados com a tecnologia” (RT_{II}⁴). Portanto, estes dados mostram que os FP articularam o PCK associado ao conhecimento sobre os processos de aprendizagem de conteúdos matemáticos específicos e TK sobre *softwares* específicos, para identificar possíveis limitações na integração da tecnologia na aprendizagem da Matemática.

Posteriormente, durante a segunda fase da TFA, na qual os FP exploraram quatro distintas tecnologias, os dados evidenciam que os FP reconheceram potencialidades que estes recursos oferecem para a aprendizagem da Matemática. Por exemplo, depois da exploração do *GeoGebra* durante a resolução da T_{II}⁵, os FP destacaram quatro potencialidades deste *software*: (i) facilita a formulação de conjecturas, Isabel indicou que “com lápis e papel era mais complicado fazer as conclusões esperadas” (DCT_{II}⁵)., seguidamente Ana acrescenta “era mais trabalhoso porque tínhamos que fazer inúmeros quadriláteros a mão, e aqui rapidamente passamos de um quadrilátero para outro e conseguimos perceber e formular a conjectura” (DCT_{II}⁵); (ii) ajuda a ultrapassar dificuldades associadas à visualização espacial, por exemplo, Isabel afirmou que “a visualização espacial, em particular, constituiu um entrave ao entendimento de determinados conteúdos. Reconheço no *GeoGebra* uma grande utilidade para ultrapassar essas dificuldades” (RIT_{II}⁵); (iii) otimiza o tempo na resolução da tarefa, para Ana o bom uso do tempo na sala de aula é um fator muito importante que beneficia a aprendizagem dos alunos, para ela “as vantagens aqui se sobrepõem às desvantagens, porque só o facto de nós construirmos apenas um polígono e conseguirmos obter todos os outros isso é uma otimização do tempo para a aprendizagem dos alunos” (DCT_{II}⁵); e (iv) para os FP o acesso livre deste *software* é uma potencialidade pois permite facilmente aproximar este recurso às escolas, às aulas e aos alunos, a este respeito Sofia indicou que “outra das grandes

potencialidades é que o *GeoGebra* é de livre acesso, estando disponível *online*, onde permite aos alunos descarregar quer para os seus computadores quer para os telemóveis e tablets” (RIT_{II}⁵).

Na situação de ensino e aprendizagem que os FP elaboraram com apoio de uma *applet* na T_{II}⁷, eles destacaram algumas das potencialidades que este tipo de tecnologia oferece à aprendizagem da Matemática. Por exemplo, Glória enumerou várias vantagens e benefícios que a *applet Euclid's Elements of Geometry* oferece

Entre suas potencialidades encontramos uma ótima linguagem, com criatividade, com termos matemáticos e contexto histórico. A *applet* ainda tem a vantagem de dar dicas se o aluno não conseguir fazer a construção sozinho. A *applet* ainda tem a preocupação de começar com conhecimentos mais fáceis como a construção de uma reta, até o mais complexo como a construção de um hexágono, de forma gradual. Por último, mas não menos importante, todas as construções feitas na *applet* são construções por régua e compasso (RIT_{II}⁷).

Depois da exploração do *TinkerPlots*TM, os dados revelam que os FP concordaram que a potencialidade principal deste *software* é a construção de representações dinâmicas e atrativas para o aluno, destacando que “é importante aqui que os alunos percebam qual é a representação gráfica mais adequada a cada tipo de pergunta que se faz” (Sofia, DCT_{II}⁸), pois “para além da parte da matemática que está envolvida e temos que perceber qual é a representação que se adequa melhor para visualizar os dados” (Ana, DCT_{II}⁸).

Além disto, os FP compararam as potencialidades do *TinkerPlots*TM com as potencialidades do *Excel*, destacaram que uma das limitações do *TinkerPlots*TM é ser um *software* pago, enquanto o *Excel* é livre. Porém, todos concordaram que “o *TinkerPlots*TM é muito mais intuitivo do que o *Excel*, mas atrativo para o aluno mexer e usar” (Sofia, DCT_{II}⁸) e favorece o estudo de variáveis qualitativas, por exemplo, Glória indicou que “eu não sei até que ponto o *Excel* trabalha com a variáveis qualitativas, mas este *software* (o *TinkerPlots*TM) as trabalha muito bem” (DCT_{II}⁸).

No caso da calculadora, os dados da resolução da T_{II}⁶ revelam que mais do que potencialidades, os FP salientaram os desafios que podem ter os alunos quando utilizam esta tecnologia específica, pois “é um desafio para os alunos perceberem qual é a vantagem de terem a calculadora para os auxiliarem na resolução de testes, tarefas ou o que for” (Ana, DCT_{II}⁶). Para Sofia este desafio consiste na forma e no momento em como o aluno usa a calculadora durante a resolução de uma tarefa, esta FP argumentou que “eu

prefiro que os alunos usem sempre a calculadora como uma confirmação dos resultados e não como expectativas, porque depois que é o que acontece, eles tendem a forçar que a parte que estão a calcular a mão dê aquilo que a calculadora diz” (DCT_{II}⁶). Concordando com a Sofia, Isabel acrescentou que a dificuldade que tem o aluno é em articular o conhecimento matemático com a forma em como usa a calculadora, portanto “é preciso chamar a atenção aos alunos no quê é que a calculadora faz em determinadas situações, há uma série de coisas que tem a ver com a forma como a pessoa usa a calculadora tomando em conta o conhecimento matemático” (DCT_{II}⁶).

Estes dados revelam que os FP conseguiram identificar potencialidades e desafios das distintas tecnologias para a aprendizagem da Matemática. Neste processo de identificação e reconhecimento de vantagens e limitações na integração da tecnologia para a aprendizagem da Matemática, os FP mobilizaram, de forma articulada, três domínios de conhecimento: o TK, adquirido pela experiência pessoal ao utilizar a ferramenta tecnológica; o CK, presente na resolução da tarefa matemática ao responder conforme as normas e princípios da disciplina; e o TK, associado aos processos de aprendizagem dos alunos. Portanto, evidencia-se que os FP mobilizaram o seu TPACK quando refletem, justificam e identificam as potencialidades e/ou desafios que uma ferramenta tecnológica tem para a aprendizagem de conteúdos matemáticos específicos.

A mobilização e articulação destes domínios de conhecimento descritos anteriormente, confirmam-se também na terceira fase da TFA, na qual os FP elaboraram uma proposta de ensino e aprendizagem que integrasse alguma ferramenta tecnológica, onde foi pedido que os FP justificassem a escolha da tecnologia selecionada. Para realizar esta justificação os FP consideraram as potencialidades e vantagens que a tecnologia oferece e que se adequa não só para explorar o conteúdo que seria abordado na proposta de ensino e aprendizagem, como também se adequa com os objetivos de aprendizagem que se desejavam desenvolver. Por exemplo, Glória e Isabel justificaram que “optámos pela versatilidade da folha de cálculo *Excel*. O *Excel* também permite melhor visualização das representações gráficas de várias funções em pouco tempo. Permite observar e descobrir características de gráficos de funções, que no papel talvez não fosse tão evidente” (RT_{II}⁹). Aqui estas FP destacaram potencialidades da tecnologia que enriquecem os processos de aprendizagem dos alunos, como a visualização, a observação e a descoberta.

De forma semelhante, Samuel e Tiago também compararam as vantagens de usar tecnologia e as limitações de não usar tecnologia, nomeadamente no caso do *GeoGebra*, estes FP argumentaram que este *software* “permite concretizar a visualização e transformação de figuras de uma forma muito mais evidente para o aluno do que se tivesse sido usado o papel e a caneta” (Samuel e Tiago, RT_{II}⁹). Além disto, salientaram que “o *GeoGebra* vai permitir a concretização geométrica da construção de triângulos semelhantes de uma forma investigativa (através da deslocação de pontos que, se for realizada de uma forma sistemática, vai levar o aluno a obter um triângulo semelhante)” (Samuel e Tiago, RT_{II}⁹).

Portanto, no final da Experiência de Formação, os dados evidenciam que os FP consolidaram o seu TPACK, articulando o seu PCK com o TCK, reconhecendo os processos de aprendizagem envolvidos durante a exploração de conteúdos matemáticos específicos através de uma ferramenta tecnológica determinada.

7.2.4. Ensino (C4)

C4₍₁₎: *Papel do professor quando usa a tecnologia na sala de aula*

Suportados no seu PK, os FP argumentaram que quando se integra a tecnologia o papel do professor deve ser diferente ao papel que desempenha numa aula sem tecnologia, esta diferencia implica ajustes que o professor deve fazer para envolver os alunos sem ser ele (o professor) o protagonista no uso dos recursos tecnológicos. Por exemplo, para Samuel a integração da tecnologia na sala de aula “vai levar o professor a ter de reformular a maneira de entender o papel a desempenhar por si dentro da sala de aula (deixando de ser o detentor de todas as decisões e o único a dominar todos os conhecimentos)” (RT_{II}¹).

Depois da exploração das ferramentas tecnológicas durante a resolução das tarefas da segunda fase da TFA, os FP articularam o seu PK com o TK, mobilizando o TPK para destacar alguns deveres ou responsabilidades que se lhe atribuem ao professor para promover uma integração efetiva da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Alguns destes deveres foram colocados para antes de implementar uma aula com tecnologia, por exemplo, Samuel e Tiago indicaram que “o professor tem que estar familiarizado com o *GeoGebra*” (RT_{II}⁵). Segundo os FP, esta familiarização consolida-se quando o professor previamente explora a ferramenta tecnológica e formula objetivos de

aprendizagem que deseja desenvolver nos alunos. Por exemplo, para Ana e Sofia o professor deve “explorar as *applets* previamente, de forma a poder construir o enunciado adequado aos objetivos de aprendizagem” (RT_{II}⁷). Enquanto que na sala de aula, os FP salientaram outras responsabilidades do professor para promover um uso efetivo da tecnologia, por exemplo, Sofia sugeriu que “o professor deve de introduzir mais tarefas de carater investigativo” (DCT_{II}⁸), e Tiago propôs que o professor deve “fazer perguntas com que os alunos tenham que usar diversas funcionalidades do *software*” (DCT_{II}⁸),

Resulta relevante salientar que estes dados evidenciam que para os FP o professor tem um papel de orientador quando se integra a tecnologia na sala de aula. Pois a medida que os alunos estão a usar a tecnologia, o professor deve de recorrer a diferentes formas de orientar este trabalho. Na concretização de uma proposta de ensino e aprendizagem (T_{II}⁹ e T_{II}¹⁰), os FP reforçaram este reconhecimento do professor como orientador, por exemplo, Ana e Sofia argumentaram que o professor deve “apoiar os alunos no desenvolvimento das aprendizagens pretendidas” (RT_{II}⁹), mas como fazer este apoio? Samuel e Tiago detalharam que o professor deve “estar preparado para conseguir mostrar aos alunos como usar as funcionalidades do *software* e de que forma estas conseguem responder às necessidades de representação gráfica” (RT_{II}⁹).

Contudo, não somente deveres, como também desafios, são os que os FP lhes atribuíram aos professores quando se integra a tecnologia na sala de aula. Por exemplo, Sofia salientou que “um desafio é que, sendo esta uma atividade de natureza exploratória e com recurso à tecnologia, os alunos apelariam muito à ajuda do professor, surgindo assim a incapacidade de responder à procura” (RIT_{II}⁵). Ou seja, acompanhar e orientar o trabalho de todos os alunos durante a resolução de uma tarefa com recurso à tecnologia é desafiante para um professor. Na T_{II}⁶, os FP discutiram sobre os desafios que o professor tem para integrar a calculadora na sala de aula, a este respeito Isabel argumentou que

É complicado para o professor conhecer todas as funções que uma calculadora oferece, mais quando há tantos modelos de calculadoras e cada um diferente do outro. É difícil então para o professor conseguir dominar e explicar aos alunos como é que se utiliza a calculadora (Isabel, DCT_{II}⁶).

Estes dados revelam que ao longo da Experiência de Formação os FP articularam o seu PK com o seu TK, consolidando assim o seu TPK, reconhecendo as implicações que a integração da tecnologia na Educação Matemática tem para o professor.

C4(2): Estratégias de ensino para orientar os alunos no uso efetivo de ferramentas tecnológicas na resolução de tarefas

Na primeira fase da TFA os FP reconheceram que a formulação de estratégias de ensino que integrem eficientemente a tecnologia na sala de aula resulta ser um desafio para eles. Por exemplo, na discussão coletiva da T_{II}^3 os FP reconheceram que a formulação de perguntas por parte do professor forma parte das estratégias de ensino que ajudam a orientar o trabalho dos alunos, mas também reconheceram que não é uma tarefa fácil. Por exemplo, Ana indicou que “fazer perguntas, boas perguntas, é uma grande ciência” (DCT_{II}^3). Seguidamente, Glória acrescentou que “já é difícil fazer perguntas dentro de um determinado contexto, neste caso calorias e gorduras, agora fazer perguntas que justifiquem o uso de *Excel* dentro deste contexto torna-se mais difícil ainda” (DCT_{II}^3). Pelo que fazer perguntas que respaldem o uso de alguma ferramenta tecnológica é uma dificuldade para os FP.

Não obstante, os FP lançaram algumas ideias incipientes relacionadas com possíveis estratégias de ensino para integrar a tecnologia na sala de aula, estas estratégias envolveram um processo prévio de preparação da aula e dos recursos respetivos, como por exemplo, a elaboração de um guião que oriente os alunos na exploração da ferramenta tecnológica. A este respeito, Glória indicou que se deve “elaborar uma tarefa de caráter simples (menos desafiadora) para familiarizar o *software* com os alunos antes de uma tarefa mais desafiadora; e sempre ter disponível um guião do *software* (seja ele separado da tarefa, ou junto)” (RT_{II}^1).

Esta sugestão para o ensino da Matemática com tecnologia, também foi referida pelos FP durante a exploração do *Excel* e das *applets*. No caso do *Excel*, na resolução da T_{II}^4 os FP reconheceram a importância de disponibilizar um guião apropriado que oriente o uso deste *software*, por exemplo, Samuel e Tiago indicaram que o professor deve “planificar a aula fazendo um tutorial com noções básicas em que o próprio professor tivesse que intervir, levando os alunos a se familiarizarem com o *Excel*” (RT_{II}^4). Semelhantemente, para orientar o uso de uma *applet*, Glória e Isabel recomendaram que “o professor deve elaborar um guião que traduza as orientações dadas na *applet*” (RT_{II}^7).

Além de preparar a aula, os FP professores destacaram algumas estratégias de ensino que o professor pode seguir para orientar a integração da tecnologia na sala de

aula. Por exemplo, Glória e Isabel indicaram que é aconselhável que no início da aula tenha lugar uma “introdução prévia do *software* com vista a otimizar o tempo despendido” (RT_{II}^4), esta introdução seria um momento dedicado à aprendizagem do *software* antes de ser usado na resolução de uma tarefa matemática. Um exemplo específico sobre como deveria ser a introdução de uma ferramenta tecnológica foi proposto pela Isabel depois da exploração do *GeoGebra*, esta FP sugeriu que

Deveria haver uma preparação inicial, porque se não começavam todos os alunos a perguntar como é que se usa o programa. Explicar como é que se medem os ângulos, como é que se medem os comprimentos, como é que se medem as áreas e depois eles fazerem sozinhos ao resolver a tarefa (Isabel, DCT_{II}^5),

Noutra perspetiva, Samuel salientou que o professor deve promover estratégias que visem a exploração individual da ferramenta tecnológica por parte dos alunos:

O professor também deve identificar no decorrer da aula que cada aluno esteja a usar o computador e explorar o *software*, assim todos teriam a oportunidade de gerar capacidades e aprendizagens associadas ao uso da tecnologia. O momento individual (aluno-computador) é necessário que aconteça (RT_{II}^4).

Além disto, este FP sugeriu também que a forma em como o professor usa a tecnologia na sala de aula vai modelar e orientar o uso dessa tecnologia por parte dos alunos. No caso da calculadora, Samuel indicou que “há formas que poderão explicitar um pouco melhor o uso da máquina, por exemplo, o próprio exemplo do professor quando está a fazer cálculos no quadro, mostrar quando é que vale a pena fazer uso da calculadora para verificação e quando não” (DCT_{II}^6).

Estes dados mostram que estes FP articularam o seu PK com o TK, nomeadamente mobilizaram o seu conhecimento sobre os processos de aprendizagem e sobre as características das ferramentas tecnológicas, para sugerir estratégias de ensino que promovam o desenvolvimento da aprendizagem quando se integra o uso da tecnologia na sala de aula.

Outras estratégias de ensino foram mais direcionadas à estrutura metodológica da aula. Por exemplo, na T_{II}^7 era suposto que os FP idealizaram uma metodologia de aula para integrar uma *applet* para o ensino e a aprendizagem de algum conteúdo matemático, neste caso, cada uma das duplas de trabalho apresenta uma estrutura de aula caracterizada por três momentos: (i) apresentação da tarefa por parte do professor e apresentação da

applet que os alunos deviam usar para resolver a tarefa; (ii) trabalho autónomo dos alunos (em pares ou tríades), em que os alunos explorem a *applet* e resolvam a tarefa proposta; e (iii) uma terceira parte em que o professor dirige uma discussão com a turma para consolidar os resultados obtidos em termos de aprendizagem. Semelhantemente, esta estrutura metodológica de três momentos da aula foi também seguida pelos FP na elaboração de uma proposta de ensino e aprendizagem que integre a tecnologia na resolução de uma tarefa matemática (T_{II}^9) e para a qual, posteriormente, elaboraram um plano de aula (T_{II}^{10}). Se bem, esta estrutura de aula parece ser genérica a qualquer outra aula que não integre o uso de recursos tecnológicos, estes dados evidenciam que os FP recorreram ao seu PK reconhecendo que uma metodologia de aula característica do ensino exploratório é adequada para a integração da tecnologia na sala de aula.

Entretanto, alguns dos FP destacaram possíveis estratégias de ensino que o professor poderia seguir nos diferentes momentos da aula. Por exemplo, na introdução da tarefa, além de ler e esclarecer o enunciado da tarefa, Samuel e Tiago sugeriram que o professor deve “indicar e explicar algumas das funcionalidades do *GeoGebra*, exemplificando com a seleção de menus e com a aplicação de algumas das ferramentas” (RT_{II}^{10}).

No momento de trabalho autónomo por parte dos alunos, todos os FP concordaram que este deve ser um momento onde o aluno seja o protagonista e o professor seja quem acompanhe e oriente o trabalho dos alunos. Por exemplo, Ana e Sofia sugeriram que “à medida que os alunos vão resolvendo a tarefa, o professor percorre a turma, tirando eventuais questões que possam surgir” (RT_{II}^7). Enquanto Samuel e Tiago destacaram que “o professor deveria monitorizar o trabalho do aluno durante os 35min de trabalho autónomo do aluno. Por exemplo, devia estar muito atento á forma como os vários pares ou trios de alunos iam procedendo á deslocação dos pontos [no *GeoGebra*]” (RT_{II}^9).

Estes dados evidenciam que os FP articularam o seu PK com o seu TK, consolidando o seu TPK na formulação de possíveis estratégias de ensino para integrar a tecnologia nos distintos momentos de uma aula.

Ainda nas possíveis formas em que o professor pode orientar aos alunos para usarem efetivamente alguma ferramenta tecnológica, no plano de aula de Glória e Isabel, identificou-se uma estratégia de ensino diversificada que visa promover o uso efetivo da tecnologia, neste caso o *Excel*, para resolver a tarefa matemática proposta. Estas FP

indicaram que um dos recursos que estariam disponíveis na aula, além do computador e do *Excel*, era um ficheiro do *Excel* já formatado, ou seja, um ficheiro do *Excel* previamente elaborado pelas FP (Figura 7.3), com o fim de orientar o trabalho autónomo dos alunos. Neste ponto, as FP sugeriram que na apresentação deste ficheiro, o professor faça um alerta em relação ao domínio da função e os valores representados no *software*. As FP indicaram que é “importante começar a tarefa falando sobre o domínio das funções da tarefa, $D = \mathbb{R}$. Os parâmetros a, b, c, d , das funções, também são números reais, e que no ficheiro do *Excel* apenas está representado um intervalo limitado do domínio da função $[-30, 30]$ ” (RT_{II}¹⁰). Estes dados evidenciam que as FP articularam o seu CK relativo ao domínio e gráfico de funções polinomiais, com o TK referente ao uso do *Excel*, mobilizando o seu TCK para reconhecer as limitações do programa na representação da função em todo o seu domínio. Além disto, evidencia-se que estas FP articularam o seu TCK com o seu TPK, mobilizando o seu TPACK na elaboração de um ficheiro do *Excel* e a formulação de estratégias de ensino diversificadas para orientar aos alunos no uso efetivo deste *software*.

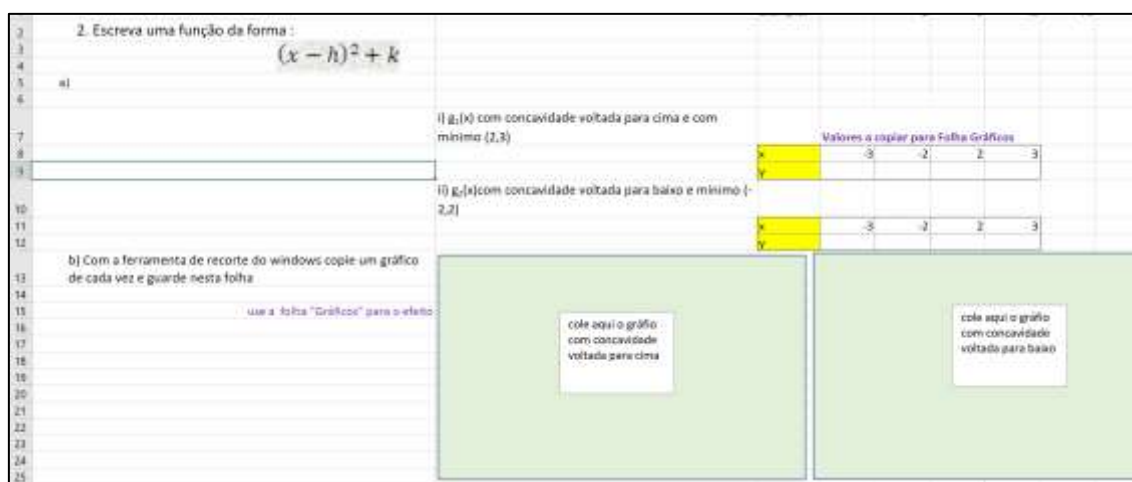


Figura 7.3. Ficheiro do *Excel* inserido no plano de aula de Glória e Isabel. (RT_{II}¹⁰).

C4(3): *Tarefas quando se integra o uso de recursos tecnológicos na exploração de conteúdos matemáticos*

Durante a T_{II}³, os FP conseguiram utilizar o *Excel* para resolver uma tarefa matemática situada no tópico da Estatística. Os dados evidenciam que os FP tinham algum conhecimento técnico sobre este *software*, somente o Tiago disse nunca ter usado este programa, mas com apoio do guião do *Excel* e o seu colega de trabalho (Samuel) conseguiu resolver o que era pedido. Segundo os dados, o TK dos FP sobre esta

ferramenta tecnológica, logo foi articulado com o CK relativo à Estatística para resolver a tarefa proposta. Por exemplo, na Figura 7.4 apresenta-se a resolução da Glória e Isabel, onde aparece a tabulação dos dados e a criação de uma reta de dispersão segundo esses dados.

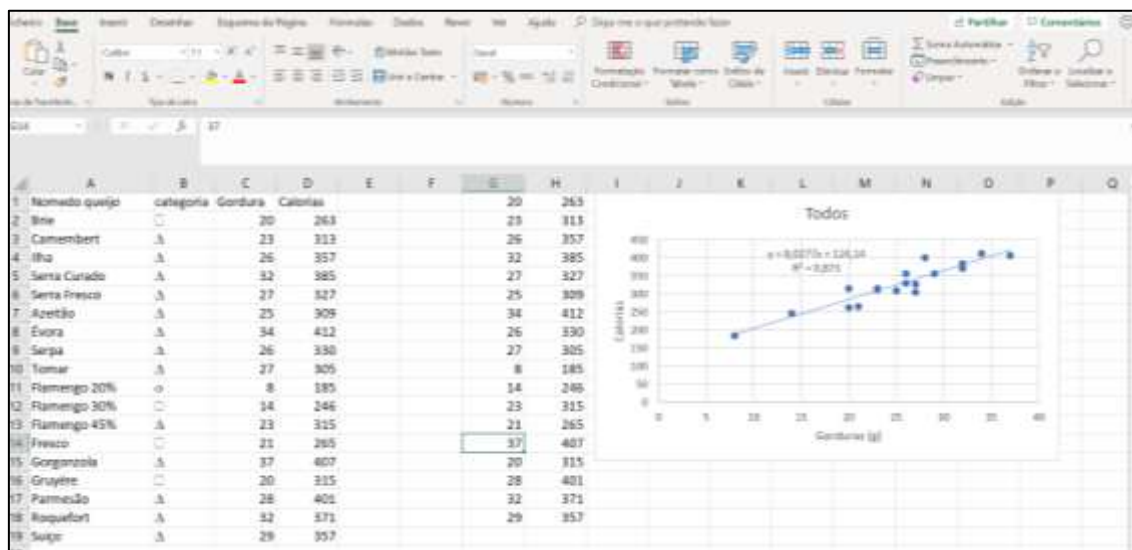


Figura 7.4. Glória e Isabel (RT_{II}³)

Enquanto na T_{II}⁴ houve um episódio na discussão coletiva em que os FP, por um lado, destacaram a importância de usar a tecnologia para resolver este tipo de tarefas, por exemplo, Samuel argumentou que “nas tarefas estatísticas o computador ia facilitar fazer cálculos, é chato fazer a mão” (DCT_{II}⁴). Por outro lado, os FP discutiram sobre a estrutura da tarefa (que tinha sido resolvida na T_{II}³), para eles, a estrutura da tarefa deve estar bem definida e as questões devem estar bem detalhadas, não querendo dizer que tem que ser tarefas fechadas, mas sim que a tarefa não tenha lacunas que possam desviar o trabalho do aluno ao ponto de não atingir os objetivos de aprendizagem propostos. Ana, por exemplo, disse que “por haver tanta opção, abertura, é que se calhar depois podia não se concretizar os objetivos que o professor tinha idealizado, porque os alunos podem ir por determinados caminhos que não tinha contemplado” (DCT_{II}⁴). Assim, os FP concluíram que uma tarefa que integre o uso da tecnologia deve ser bem focada, de forma que os alunos utilizem a ferramenta tecnológica para os fins pretendidos pelo professor.

Depois da resolução da T_{II}⁵, na qual os FP utilizaram o *GeoGebra*, durante a discussão coletiva houve um momento de partilha de conhecimentos técnicos sobre este recurso tecnológico, neste caso, ferramentas do *software* que eram úteis para resolver a

tarefa. Por exemplo, Sofia perguntou “dá para calcular a medida dos ângulos da figura”, Isabel respondeu “sim sim, dá para calcular” e o Samuel acrescentou “deves escolher três pontos por ordem” (DCT_{II}⁵), logo a Sofia seguiu as indicações, foi ao *software* e fez conforme os seus colegas a orientaram. Estes dados evidenciam que os FP articularam o TK com o CK, no propósito de utilizar as ferramentas disponíveis do *software* para explorar o conteúdo matemático respetivo, consolidando assim o desenvolvimento do seu TCK.

A elaboração de tarefas forma parte dos fazeres do professor, reconhecendo isto, os FP destacaram algumas potencialidades que enriquecem o ensino, nomeadamente as tarefas matemáticas quando se integra a tecnologia. Por exemplo, Sofia defendeu que “a tecnologia funciona ainda como facilitador da apresentação da tarefa, como facilitador da resolução da tarefa e potenciador da tarefa” (RIT_{II}⁵).

Finalmente, na T_{II}⁹ os FP selecionaram uma tarefa de um manual escolar com o objetivo de adaptar essa tarefa de modo que seja promovido o uso de uma ferramenta tecnológica para resolvê-la. Além de adaptar a tarefa, justificaram o porquê das alterações que eles fizeram, por exemplo, Samuel e Tiago argumentaram que “as alterações à tarefa foram pensadas com o objetivo de aperfeiçoar a dinâmica de utilização das ferramentas do *software* e incluir na tarefa uma introdução que implique os alunos na descoberta e familiarização com as suas funcionalidades” (RT_{II}⁹). No caso de Ana e Sofia, elas destacaram as vantagens de usar a tecnologia para resolver a tarefa, indicando que “para a resolução da nossa tarefa o *software* mostra-se útil, uma vez que eles não sabem resolver equações de 2º grau e o *GeoGebra* permite-lhes fazer essa resolução sem utilizar a parte algébrica” (RT_{II}⁹).

Estes dados evidenciam que estes FP mobilizaram o seu TCK na adaptação de uma tarefa matemática que visa utilizar recursos tecnológicos para explorar conteúdos matemáticos específicos.

7.1.5. Síntese dos resultados principais

Na primeira componente sobre as conceções dos FP sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática, os FP consideraram que esta integração deve facilitar e promover a aprendizagem dos alunos e também deve de estimular a motivação

que os alunos têm sobre a Matemática. Principalmente, os FP conceberam que as tecnologias têm potencialidades para a exploração de conteúdos matemáticos, como por exemplo, para a representação e visualização de conceitos.

Não obstante, houve também concepções que revelam algumas preocupações dos FP sobre a integração da tecnologia na sala de aula. Preocupações associadas aos possíveis prejuízos ou limitações que o mal uso de ferramentas tecnológicas pode gerar na aprendizagem dos alunos, principalmente quando estes criam dependência a algum recurso tecnológico, como no caso da calculadora gráfica.

Nas concepções relativas ao professor, os FP consideraram que existem vários desafios que os professores de Matemática podem enfrentar quando se integra a tecnologia na sala de aula, desafios na gestão da sala de aula e limitações no conhecimento que o professor tem sobre ferramentas tecnológicas determinadas. Contudo, na reflexão individual realizada no final da Experiência de Formação, os resultados evidenciam que os FP manifestaram ter uma posição positiva e favorável enquanto à integração e uso da tecnologia na sua futura prática profissional.

Os resultados respeitantes à componente sobre o currículo revelam que os FP articularam o seu PCK com o seu TCK na formulação de objetivos de aprendizagem para propostas de ensino e aprendizagem da Matemática que integram a tecnologia. Na formulação destes objetivos, os FP reconheceram as potencialidades das ferramentas tecnológicas para abordar os conteúdos matemáticos segundo os princípios estabelecidos no currículo escolar.

Além disto, no que diz respeito ao enquadramento curricular das ferramentas tecnológicas, os resultados mostram que os FP evidenciam conhecimento sobre o currículo escolar, nomeadamente sobre os conteúdos matemáticos do programa escolar (PCK), evidenciam conhecimento sobre as potencialidades de uma ferramenta tecnológica para explorar esses conteúdos (TCK) e, posteriormente, justificaram e enquadraram essa ferramenta tecnológica no currículo escolar (TPK). De modo que, evidencia-se que o conhecimento curricular que os FP evidenciam, resulta ser um conhecimento base que eles consultam, não só para enquadrar a tecnologia no currículo, senão também para justificar o seu uso.

Além disto, os FP destacaram alguns aspetos gerais que o professor deve de ter em consideração na gestão dos recursos na sala de aula e na avaliação das aprendizagens dos

alunos (PK), mas também, reconheceram que estes elementos curriculares (a gestão da sala de aula e a avaliação) se devem de ajustar quando se integra a tecnologia na sala de aula (TK), evidenciando o seu TPK na formulação de propostas de gestão dos recursos tecnológicos na sala de aula e de possíveis estratégias de avaliação das aprendizagens.

Na terceira componente sobre a aprendizagem dos alunos, os resultados mostram que, ao longo da Experiência de Formação, os FP reconheceram o papel ativo e protagonista que os alunos devem ter na sala de aula no desenvolvimento da sua aprendizagem através do uso de ferramentas tecnológicas.

Além disto, em diferentes momentos durante a resolução das tarefas da Experiência de Formação, os FP evidenciaram o seu TPK, identificando, destacando e discutindo sobre diversas potencialidades que as ferramentas tecnológicas exploradas oferecem à aprendizagem da Matemática. Por exemplo, os FP reconheceram que a tecnologia contribui na representação e visualização de conceitos matemáticos, na otimização do tempo para resolver uma tarefa, e na formulação e teste de conjecturas. Não obstante, os resultados também evidenciam que os FP reconheceram alguns desafios ou limitações dos recursos tecnológicos que podem gerar dificuldades na aprendizagem da Matemática. Principalmente, houve um episódio de grande discussão sobre as limitações na aprendizagem dos alunos quando utilizam a calculadora gráfica.

Finalmente, na componente sobre o ensino, os FP destacaram algumas das responsabilidades que o professor deve atender para garantir uma efetiva integração da tecnologia na sala de aula, como por exemplo, o professor deve de explorar previamente a tecnologia que deseja integrar na sala e estar familiarizado com ela. Além disto, os FP também atribuíram ao professor um papel de orientador dentro da sala de aula, responsável por acompanhar o uso da tecnologia por parte dos alunos.

Enquanto às estratégias de ensino, nas propostas de ensino e aprendizagem elaboradas pelos FP a metodologia de aula adotada seguiu uma abordagem exploratória caracterizada pelos três momentos de aula centrais: introdução da tarefa, trabalho autónomo dos alunos para resolver a tarefa e discussão coletiva dos resultados obtidos. Durante cada um destes momentos, os FP dão algumas indicações específicas sobre as estratégias de ensino que podem orientar a prática do professor na sala de aula. Por exemplo, na introdução da tarefa, os FP argumentam que deve de existir um primeiro momento da aula dedicado à introdução da ferramenta tecnológica, no qual o professor

apresenta as principais características e funções da tecnologia. Estes resultados evidenciam que os FP articularam o seu PK com o seu TK, consolidando o seu TPK na formulação de possíveis estratégias de ensino para integrar a tecnologia nos distintos momentos de uma aula. Finalmente, os resultados revelam que os FP evidenciam o seu TCK no reconhecimento das potencialidades que uma ferramenta tecnológica tem para resolver e/ou elaborar tarefas matemáticas que visem a exploração de conteúdos matemáticos específicos.

CAPÍTULO 8

ANÁLISE DA EXPERIÊNCIA DE FORMAÇÃO

Neste capítulo foco-me na análise da Experiência de Formação. Realizei esta análise à luz dos resultados apresentados no capítulo 7 sobre o TPACK dos futuros professores e três dos elementos principais que suportaram a Experiência de Formação: o seu *design*, os objetivos de aprendizagem e as tarefas. Esta análise tem por base os dados recolhidos durante os dois ciclos de experimentação da Experiência de Formação na sala de aula. Nomeadamente os dados obtidos na entrevista (E_c) e no questionário aplicado no final de cada ciclo de experimentação. Também se consideraram os dados recolhidos das tarefas que apelavam à reflexão final dos futuros professores sobre as suas aprendizagens (T_I^7, T_{II}^{11}), particularmente sobre a integração da tecnologia na sua formação como futuros professores. Igualmente foram considerados os dados provenientes das reflexões individuais que os futuros professores, participantes do 2.º ciclo, fizeram de algumas das tarefas (RIT_{II}^n).

Este capítulo está organizado em quatro secções, na primeira apresento os resultados relativos à análise do quadro teórico que constituiu a base do *design* da Experiência de Formação, na segunda avalio o cumprimento dos objetivos de aprendizagem da Experiência de Formação, na terceira seção apresento os resultados referentes à análise geral das tarefas da Experiência de Formação e, finalmente, na quarta secção faço uma síntese dos principais resultados referidos nas secções anteriores que evidenciam os contributos da Experiência de Formação para desenvolver o TPACK dos futuros professores (FP).

8.1. O *design* da Experiência de Formação

O quadro teórico apresentado na seção 5.2.2 do capítulo 5 (ver Figura 5.15) constituiu a base do *design* da Experiência de Formação. Esta análise, reflexiva e interpretativa, tem o propósito de discutir este quadro teórico à luz dos dados recolhidos durante os dois ciclos de experimentação da Experiência de Formação na sala de aula.

Em relação ao *quê* visava desenvolver a Experiência de Formação, neste caso buscava desenvolver o TPACK, como o conhecimento profissional do FP necessário para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. A este respeito, alguns dados mostram que os FP reconheceram ter adquirido conhecimentos relativos à *integração dos três domínios do conhecimento que constituem o TPACK: o CK, o PK e o TK*. Por exemplo, Isabel constatou que “nas minhas práticas profissionais pretendo mobilizar os **novos conhecimentos adquiridos**, tanto na perspectiva dos **conteúdos** como na perspectiva da **tecnologia**” (RT_{II}⁵, negrito meu). Enquanto Ana assegura que a sua participação nesta experiência formativa “permitiu-me uma familiarização com todos estes elementos (**matemática, tecnologia e didática**) o que potencia a confiança do futuro professor” (RT_{II}¹¹, negrito meu).

Os dados também revelam que os FP mobilizaram, articuladamente, os seus conhecimentos adquiridos em cada uma das distintas *componentes cognitivas do TPACK*. Exemplo disto foram os resultados apresentados no capítulo 7, que foram organizados em quatro categorias que remetem para as quatro componentes do TPACK. Por exemplo, Sara afirmou que:

Todo o trabalho desenvolvido [na unidade curricular] permitiu-me **adquirir conhecimentos** importantes. Desta forma, **consciencializou-me** que será importante, na minha futura prática profissional, que implemente **as tecnologias** da melhor forma, visando sempre **aprendizagens** e experiências bastante enriquecedoras nos **alunos** e **no ensino** da Matemática (RT_I⁷, negrito meu).

Interpreto aqui que o facto de que esta FP faça referência à consciencialização que se gerou nela produto dos conhecimentos adquiridos, está associada a um processo de mudança nas *concepções* que ela tem sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática. Mas também se verificam as componentes do conhecimento sobre a *aprendizagem* e sobre o *ensino* quando se integra a tecnologia.

As afirmações referidas acima revelam que os FP aceitaram terem adquirido conhecimentos novos e importantes, Porém, também reconheceram que estes conhecimentos serão mobilizados na sua futura prática profissional. Por exemplo, Glória destacou que o contacto com tecnologias educativas durante esta experiência formativa gerou nela conhecimento sobre as ferramentas tecnológicas (TK) e sobre como integrar didaticamente essas ferramentas na sala de aula de Matemática em benefício para a aprendizagem dos alunos (TPK). Afirmando que

Me ajudou muito para conhecer novas tecnologias, usar a calculadora gráfica, que nunca tinha usado, *software* que não conhecia. Tudo vai ser de muita valia para o meu futuro, porque já conhecendo essas tecnologias já tenho uma ideia do que eu posso usar e como contribui para as aprendizagens dos alunos, já tenho uma primeira experiência, pois consegui nesta disciplina evitar um possível problema, conhecendo uma nova ferramenta didática que muito provavelmente irei usar em sala de aula (RT_{II}¹¹).

Relativamente ao *como* foi previsto desenvolver o TPACK dos FP na Experiência de Formação, no quadro teórico foram destacadas três estratégias de formação focadas nos FP seguidas na abordagem metodológica desta Experiência de Formação: (i) resolução de tarefas abertas, (ii) exploração de ferramentas tecnológicas e (iii) participação de espaços para a reflexão e partilha de conhecimentos.

Tal como foi apresentado e discutido nos capítulos 5 e 6, as tarefas desta Experiência de Formação foram *tarefas de natureza aberta* pensadas para que os FP recorressem à exploração e à investigação para as resolver. Estas tarefas buscavam desafiar os FP, não só desde o ponto de vista dos conhecimentos que deviam aplicar para resolver a tarefa, senão também nos processos que tinham que fazer para resolvê-la. Por exemplo, no caso particular da T_{II}⁹, na qual se solicitou aos FP selecionarem e adaptarem uma tarefa de um manual escolar para promover o uso da tecnologia, Isabel indicou que “esta tarefa envolve pesquisa, escolha de tecnologia e adaptação da situação de aprendizagem, tornando-a mais desafiante” (RIT_{II}⁹). Contudo, o momento inicial da resolução destas tarefas de natureza aberta resultou ser a fase em que os FP demoraram, muitas vezes mais do que era esperado, para compreender o que era pedido no enunciado da tarefa. Embora isto não constituiu um obstáculo, e todos os FP conseguiram resolver as tarefas propostas.

No que diz respeito à *exploração de ferramentas tecnológicas*, além dos resultados apresentados no capítulo 7 que revelam os vários momentos nos quais os FP tiveram

contacto com distintas tecnologias, os FP também destacaram as oportunidades que a Experiência de Formação lhes ofereceu para usar e explorar diversos recursos tecnológicos disponíveis para o ensino e a aprendizagem da Matemática. Por exemplo, Paula afirmou que “durante o decorrer da disciplina tivemos oportunidade de ter contacto com algumas das tecnologias que podem ser usadas em contexto de sala de aula, nomeadamente o *Geogebra* e o *TinkerPlots*TM” (RT_I⁷). Semelhantemente, Sofia indicou que “para nós, como futuros professores de matemática, tem sido importante para a nossa formação, o estudo das várias tecnologias atualmente disponíveis” (RT_{II}⁵), logo na entrevista salientou algumas destas tecnologias, indicando que “quando pensávamos em tecnologias na sala de aula era a projeção de um *PowerPoint* e quanto muito a calculadora, pelo que temos percebido que há outros, nomeadamente as *applets*, que não tinha ideia que podíamos usar, e que é um recurso bastante útil” (Sofia, E_{II}).

De modo que, foram muitas e diversas as ferramentas tecnológicas exploradas ao longo dos dois ciclos de experimentação na sala de aula da Experiência de Formação. Esta exploração foi relevante para gerar diferentes perspetivas, conhecimentos e aprendizagens nos FP sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Por exemplo, Glória disse que “para mim Matemática com tecnologia era só *GeoGebra*, acabou que encontrei lá vários outros *softwares* que, além do *GeoGebra*, podiam ser utilizados no ensino da Matemática” (E_{II}).

Considero que as potencialidades das diferentes tecnologias que os FP reconheceram, tal como também se confirma nos resultados apresentados no capítulo 7, são produto de uma aproximação dessas tecnologias a eles, ou seja, produto de que eles exploraram diretamente estas tecnologias na sala de aula da sua formação inicial, e consequentemente, desenvolveram o TK em articulação com o seu PCK. Assim, as distintas oportunidades que aproximaram as tecnologias educacionais aos FP, constituiu-se uma estratégia de formação relevante para o propósito desta Experiência de Formação: desenvolver o TPACK dos FP.

No entanto, os FP também reconheceram que uma das limitações associadas ao uso de várias tecnologias ao longo desta Experiência de Formação, consistiu no pouco tempo destinado para aprofundar cada uma delas, evidenciado pela argumentação de Ana que “as tarefas incluíram uma grande diversidade de ferramentas, mas eu gostava ter ido um bocadinho mais a fundo, gostava ter tido tempo para aprofundar, para me familiarizar na

ferramenta, e acho que acabou por não acontecer” (E_{II}). Este aspeto pode ser considerado uma limitação da Experiência de Formação, que pode estar ligada ao próprio contexto no qual decorreu a experiência. Particularmente, o conjunto de tarefas implementadas foram inseridas numa unidade curricular de Didática da Matemática (DMII) que por si mesma já tinha outros conteúdos programáticos e tarefas a desenvolver, pelo que o fator tempo foi uma variável que constantemente foi ajustada no processo de planificação das aulas entre o investigador e a professora coordenadora da DMII, com o propósito de otimizar o tempo destinado à exploração dos recursos tecnológicos.

Em relação à *participação em espaços de reflexão e partilha de conhecimentos*, no capítulo 7 pode identificar-se que muitos dos dados que confirmam os resultados aí apresentados foram recolhidos nos diferentes momentos de discussão coletiva e de reflexão individual. Oferecer oportunidades para refletir, quer de forma individual ou quer entre os colegas, foi uma das estratégias de formação seguidas na metodologia de aula desta Experiência de Formação. Por exemplo, Vitória indicou que “penso que ainda tenho muitos caminhos a percorrer, mas os contributos da disciplina foram essenciais para esse caminho visto que me levou a para poder refletir sobre todos os aspetos que ainda preciso melhorar” (RT_1^7). No caso da Sara, esta FP especificou alguns dos aspetos submetidos à sua reflexão, indicando que “este foi um trabalho muito enriquecedor, que me levou a refletir sobre aspetos fundamentais, dos quais saliento a elaboração de planos de aula, a utilização de tarefas que integrem a tecnologia e a importância das tarefas de investigação” (RT_1^7).

No que diz respeito ao *onde* foi implementada esta Experiência de Formação, no quadro teórico foram considerados um conjunto de princípios associados ao contexto de formação inicial de professores de Matemática onde foi inserida a Experiência de Formação. Estes princípios foram definidos para orientar o desenvolvimento do TPACK dos FP num contexto de formação inicial de professores.

Um destes princípios foi referido como *problematizar situações de ensino e aprendizagem da Matemática*, este princípio primeiramente verifica-se na elaboração das tarefas da Experiência de Formação. Na descrição destas tarefas, quer na fase de preparação como também na de experimentação na sala de aula (capítulos 5 e 6), identifica-se que as tarefas apelavam a contextos, hipotéticos ou reais, que descreviam situações de sala de aula que envolvia a integração da tecnologia. A este respeito, Paula

indicou que em termos gerais “a disciplina Didática da Matemática II, focou-se essencialmente nas diferentes formas de trabalhar em sala de aula. Essencialmente foi feita uma abordagem à tecnologia e à forma como esta poderia ajudar os alunos no seu processo de ensino e aprendizagem” (RT_I⁷). Por sua parte, Glória especificou estas diferentes formas de trabalhar em sala de aula, associadas com diversas situações que lhe permitiram aproximar-se à realidade de sala de aula, nomeadamente quando se integra a tecnologia na Educação Matemática, indicando que:

Tivemos muitas tarefas relacionadas à tecnologia, tivemos muitas opiniões, muitas discussões sobre o uso da tecnologia no ensino, a tecnologia na sala de aula, o uso da tecnologia pelos professores, pelos alunos, como contribui para as aprendizagens dos alunos, quais são os riscos, as potencialidades, dificuldades, etc. (Glória, RT_{II}¹¹).

Um segundo princípio orientador do contexto de formação inicial de professores de Matemática consistiu em *promover a colaboração entre os FP*. Em ambos os ciclos, a maioria das tarefas implementadas foram resolvidas a pares (cinco tarefas no 1.º ciclo e nove tarefas no 2.º ciclo), mantendo sempre os mesmos pares de trabalho com o propósito de consolidar a afinidade entre os FP, assim como também fortalecer o desempenho e progresso de trabalho ao longo da Experiência de Formação. Este princípio verificou-se em aspetos que os FP destacaram em termos da aprendizagem que gerou o trabalho colaborativo entre colegas. Por exemplo, Vitória indicou que “pelo facto de ter sido um trabalho de grupo, é importante destacar, também, como uma das minhas principais aprendizagens a experiência desenvolvida através do trabalho colaborativo” (RT_I⁷), semelhantemente Paula afirma que “o trabalho em grupo é uma das aprendizagens que em minha opinião eu levo” (E_I).

Com outro dos princípios buscou-se *desenvolver competências ou habilidades nos FP associadas à alfabetização digital*. Uma das competências verificada nos dados recolhidos consistiu no *reconhecimento por parte dos FP da era digital que caracteriza o século XXI e as implicações que isto tem na Educação Matemática*. A este respeito Isabel afirmou que “estamos inseridos numa sociedade digital em que a informação circula a grande velocidade. Este domínio é, portanto, um assunto muito atual, transversal a várias áreas do conhecimento, para o qual o futuro professor deve estar bem preparado” (RT_{II}²), semelhantemente Ana argumentou que “numa era tão tecnológica e cada vez mais digital como a que vivemos, abordar o tema da utilização da tecnologia como meio de promoção

do processo ensino-aprendizagem, não só é útil como imprescindível para qualquer futuro professor” (RIT_{II}²).

Este reconhecimento, levou os FP a ter uma posição crítica sobre a sua própria formação inicial como professores de Matemática, sendo assim a *capacidade de pensamento crítico e reflexivo* outra das competências verificadas nos dados. Por exemplo, Samuel enumerou uma série de aspetos a que se devem atender desde a formação inicial de professores para promover um uso efetivo das tecnologias na Educação Matemática.

A formação inicial de professores terá de procurar motivar, orientar e formar o futuro professor no entendimento de um novo modo de encarar as novas tecnologias e na descoberta de eficácia na aplicação à sua atividade de docência, de forma adequada aos seus conhecimentos e consonante com as suas perspetivas e conceções de ensino: aprender a criar conteúdos, selecionar conteúdos, partilhar conteúdos e fontes, criar sítios ou plataformas de partilha e tutoria, reconhecer *softwares* e funcionalidades, procurar metodologias colaborativas, exploratórias e de investigação, aprender a comunicar e a explorar com o outro as suas potencialidades (Samuel, RT_{II}¹).

Incentivar o interesse e a curiosidade é outra das competências de alfabetização digital que foi desenvolvida pelos FP e verificada como resultado do conhecimento tecnológico adquirido ao longo da Experiência de Formação. Por exemplo, na reflexão final, Sofia afirmou que “numa das nossas sessões, falou-se que uma das vantagens da tecnologia era, sem dúvida, causar interesse nos alunos e foi isso que aconteceu comigo” (RT_{II}¹¹). Quanto à curiosidade, os dados mostram que o grau de curiosidade dos FP sobre o uso da tecnologia aumentou com o decorrer da Experiência de Formação. Por exemplo, Samuel reconheceu na entrevista que inicialmente não tinha interesse por trabalhar com tecnologias educativas e que achava que seria muito difícil para ele sentir-se à vontade com esse tipo de experiências, não obstante, isto mudou ao ponto de despertar a curiosidade e gosto pela tecnologia e o seu uso na Educação Matemática.

Eu não estava à espera em trabalhar com tecnologia, porque também não tenho esse apreço, esse interesse, apesar de usar a tecnologia a um mínimo a nível pessoal. A partir do momento de que se começou a falar do assunto, esperei que fosse ter mais dificuldades. Afinal não tive tantas dificuldades, pelo contrário chamou-me uma certa curiosidade, até gostei de trabalhar com a tecnologia (Samuel, E_{II}).

Além disto, a curiosidade foi também evidenciada no desejo expresso pelos FP de continuar a explorar e aprofundar nas ferramentas tecnológicas com o propósito de realizar as suas próprias criações. Glória dá um exemplo disto sugerindo que “usando os *softwares* que já conhecemos como o *Excel*, *GeoGebra* e outros, podemos deles extrair o que é importante para os objetivos da nossa aula, **criando assim uma *applet***, apenas com conhecimentos básicos de informática e do *software*” (RIT_{II}⁷, negrito meu).

Outra competência verificada na análise dos dados, consistiu no conhecimento desenvolvido nos FP relativo à *identificação das potencialidades de uma ferramenta tecnológica e a sua aplicabilidade no ensino e na aprendizagem da Matemática*. Por exemplo, Sofia reconheceu que “a parte do apresentar o *software* e perceber as potencialidades de cada um, o quê é que poderíamos fazer com cada um, foi a parte mais importante da nossa aprendizagem” (E_{II}). Associada a esta competência, identifiquei que para os FP é importante ter argumentos para *justificar o uso de determinadas tecnologias* no ensino e na aprendizagem da Matemática, argumentos que se fundamentam nas potencialidades que eles reconhecem de essas tecnologias. Assim Isabel indicou na entrevista que “eu sempre fui adepta da tecnologia, mas com a experiência nesta disciplina agarrei ainda mais argumentos para continuar a usar a tecnologia” (E_{II}).

Finalmente, os FP reconheceram que no primeiro contacto com algumas ferramentas tecnológicas experimentaram certas dificuldades e limitações, não obstante, também reconheceram ter desenvolvido uma *atitude de persistência e confiança* que os ajudou a ultrapassar essas dificuldades e continuar a explorar e usar os distintos recursos tecnológicos. Tal como Ana o reconheceu, a exploração de recursos tecnológicos “possibilita-nos transpor a barreira do desconhecido, transformando esse medo inicial em confiança” (RIT_{II}²). O desenvolvimento desta atitude consistiu na verificação de uma outra competência desenvolvida nos FP associada à alfabetização digital. Exemplo disto foi Samuel, quem na sua reflexão final indicou que

Outra aprendizagem adquirida está relacionada com a atitude de persistência que é necessário assumir perante o conhecimento inicial das ferramentas e as suas funcionalidades disponíveis. Foi fomentado [na Experiência de Formação] uma atitude de confiança e empenhamento que motivou a estar no desafio e explorar tal recurso sem inibições e sem receio de errar (Samuel, RT_{II}¹¹).

Este FP reconheceu que as aprendizagens adquiridas na unidade curricular, produto da sua participação nesta Experiência de Formação, o ajudaram a desenvolver esta atitude

de perseverança e confiança perante o uso da tecnologia, ao ponto de desenvolver outra competência relativa ao desenvolvimento da *autonomia para integrar a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática*. Na entrevista ele afirmou que “as aulas da DMII realmente foram contribuir para eu perceber que se eu quiser, se eu tentar aprofundar um tema, sozinho eu consigo pelo menos integrar essa tecnologia e posso encontrar realmente razões para isso” (Samuel, E_{II}).

8.2. Os objetivos de aprendizagem da Experiência de Formação

Na seção 5.2.3 do capítulo 5 foram definidos quatro objetivos de aprendizagem em função do que se esperava desenvolver nos FP participantes desta Experiência de Formação. Nesta seção, apresento resultados que verificam o cumprimento destes objetivos com base na análise dos dados recolhidos ao longo dos dois ciclos de experimentação na sala de aula da Experiência de Formação e suportados nos resultados apresentados no capítulo 7.

Em relação ao primeiro objetivo, **OA1. Aprimorar as suas conceções sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática**. Os resultados evidenciaram as distintas conceções manifestas pelos FP sobre a importância e potencial da integração da tecnologia na Educação Matemática e sobre a posição do professor no marco desta integração. Pelo que se evidenciou que os FP tiveram a oportunidade de manifestar as suas conceções e refletir sobre elas ao longo da Experiência de Formação, principalmente nas tarefas que apelavam a que os FP refletiram e discutiram, desde o seu ponto de vista, sobre situações de ensino e aprendizagem da Matemática que envolvia o uso da tecnologia.

Os dados mostram que as conceções dos FP tomavam como ponto de partida a realidade tecnológica que caracteriza o presente século. Por exemplo, Marta indicou que “atualmente, com o avanço tecnológico emergente, surge a necessidade de aperfeiçoar, junto dos indivíduos, habilidades para a utilização da tecnologia” (RT_I⁷). De forma semelhante, Sofia considerou que “tendo em conta que vivemos numa era de constante evolução tecnológica, não deverá ser esse um dos pontos de partida? Muitas vezes associamos a tecnologia como uma forma de lazer, não poderá também esta ser interligada como uma forma de ensino?” (RIT_{II}⁵). Se bem que esta FP concebeu a

necessidade de integrar a tecnologia no ensino da Matemática devido às exigências da sociedade atual, ela ainda acrescentou a sua posição pessoal sobre o contexto educativo a nível nacional e as limitações para levar a cabo esta integração, indicando que “acho que o sistema educacional português, ainda não está preparado para uma frequente utilização da tecnologia na sala de aula” (Sofia, RIT_{II}¹).

Além disso, as concepções dos FP também evidenciaram a mudança da perspectiva que tinham sobre o uso da tecnologia na Educação Matemática. Por exemplo, o Tiago no início da Experiência de Formação apresentava concepções que exprimiam certo receio e dúvidas em relação ao uso da tecnologia para promover a aprendizagem de conteúdos matemáticos (seção 7.2.1 do capítulo 7), não obstante, no final da experiência, na entrevista ele revelou que essa perspectiva mudou, indicando que “antes não estava aberto a utilizar a tecnologia, agora já estou a pensar nisso” (Tiago, E_{II}).

De acordo com o descrito acima, nota-se que as concepções dos FP foram mudando, e que reconheceram que a Experiência de Formação contribuiu para consolidar a sua posição em relação ao uso e à integração da tecnologia na sua futura prática profissional, tal como Glória também destacou:

Como futura professora pretendo estar preparada para as novas tecnologias digitais que possa surgir para ser aproveitadas em sala de aula, pretendo fazer da minha prática docência um aprendizado contínuo, onde consiga sempre trazer das teorias novos caminhos para o mesmo fim, facilitar as aprendizagens dos alunos (Glória, RIT_{II}⁷).

Em relação ao segundo objetivo da Experiência de Formação, **OA2. Articular o seu conhecimento tecnológico com o seu conhecimento sobre o currículo escolar da Matemática**, os resultados mostram que o TK que os FP desenvolveram sobre as ferramentas tecnológicas exploradas, foi mobilizado e articulado com o seu PCK, nomeadamente o conhecimento sobre o currículo escolar português. A articulação entre estes conhecimentos teve lugar nos momentos em que os FP formularam objetivos de aprendizagem, enquadraram as propostas de ensino e aprendizagem dentro do currículo escolar e sugeriram estratégias de avaliação das aprendizagens; tudo em contextos educativos que integrassem o uso da tecnologia.

A este respeito, os FP destacaram as aprendizagens adquiridas resultado da sua participação na Experiência de Formação e que verificam a articulação entre o TK e o conhecimento curricular. Por exemplo, Marta afirmou que “compreendi de que forma se

pode estruturar uma aula, que se pretende organizada e com objetivos claramente definidos” (RT_I⁷). A estrutura de uma sala de aula que integra tecnologia foi um dos aspectos discutido em diferentes momentos ao longo da Experiência de Formação, por exemplo, na resolução da T_{II}² Isabel indicou que “como aprendizagens essenciais conseguidas com esta tarefa e que me ajudam nas práticas profissionais, refiro que antecipar dificuldades de gestão de sala de aula é uma delas” (RT_{II}²).

Além disto, nas tarefas que solicitava a elaboração de propostas de ensino para a aprendizagem de conteúdos matemáticos específicos com apoio a recursos tecnológicos, os FP justificaram a integração da tecnologia através do enquadramento da tarefa proposta dentro do currículo escolar e destacando as potencialidades da tecnologia para resolver a tarefa e, nomeadamente, explorar os conteúdos matemáticos envolvidos. Sobre este processo, Glória manifestou que no início foi difícil enquadrar as tarefas no currículo escolar, mas que reconheceu a importância que isto tem para a sua futura prática profissional:

Algo que fiz em todas as tarefas foi enquadrar a tarefa no currículo, e isso eu achei muito complicado, porque não estou muito acostumada com o currículo português, mas achei isso muito importante porque eu vou fazer isso futuramente lá no Brasil (Glória, RT_{II}¹¹).

Sobre o objetivo três da Experiência de Formação, **OA3. Articular o seu conhecimento tecnológico com o seu conhecimento sobre o processo de aprendizagem da Matemática.** De acordo com os resultados, os FP mobilizaram o TK desenvolvido ao longo da Experiência de Formação em articulação com o seu PCK associado ao conhecimento sobre o aluno e os seus processos de aprendizagem da Matemática.

Os resultados mostram que a Experiência de Formação contribuiu para que os FP desenvolvessem aprendizagens associadas ao reconhecimento das potencialidades que as ferramentas tecnológicas têm para a aprendizagem dos alunos. Por exemplo, para Vitória “minhas principais aprendizagens foram em termos das vantagens que as ferramentas tecnológicas podem proporcionar para as aprendizagens dos alunos” (RT_I⁷). Patrícia destacou que estas vantagens consistem em motivar os alunos e promover a formulação de conclusões, em termos de compreensão da Matemática, a partir da exploração dos recursos tecnológicos, esta FP afirmou que “durante a unidade curricular compreendi que a utilização da tecnologia não só motiva os alunos, como também permite retirar conclusões que sem a sua utilização seria difícil ou mesmo impossível (RT_I⁷).

No caso de Sofia, ela destacou que como professora será importante integrar o TK adquirido em função de promover a aprendizagem dos seus futuros alunos e desenvolver neles capacidades associadas ao uso da tecnologia, indicando que “é importante ainda ser capaz de usar as tecnologias como um meio de aprendizagem para os meus alunos, tornando-os capazes de a usarem de forma eficaz” (RIT_{II}⁵).

Finalmente, no quarto objetivo da Experiência de Formação era pretendido **OA4**. *Articular o seu conhecimento tecnológico com o seu conhecimento sobre o processo de ensino da Matemática*. Os resultados apresentados relativos ao papel do professor, às estratégias de ensino e à elaboração de tarefas quando se integra a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, revelam o cumprimento deste objetivo. Estes resultados evidenciam que os FP mobilizaram o TK sobre as ferramentas tecnológicas exploradas ao longo da Experiência de Formação em articulação com o PCK associado ao ensino da Matemática, nomeadamente ao conhecimento sobre estratégias de ensino para promover o uso eficiente da tecnologia na sala de aula. Embora, os resultados mostrem que as estratégias de ensino elaboradas pelos FP foram muito gerais e pouco especificadas para a integração da tecnologia.

Contudo, os FP reconheceram que a Experiência de Formação contribuiu no desenvolvimento de aprendizagens associadas à integração da tecnologia no ensino da Matemática, verificando assim o cumprimento do **OA4**. Como por exemplo Samuel, quem afirmou que “devo admitir que as aulas de DM II contribuíram bastante para criar uma perspetiva mais concreta sobre as vantagens da integração do uso de recursos tecnológicos no ensino da Matemática” (RT_{II}¹¹). No caso de Marta, ela refletiu que a participação da Experiência de Formação lhe permitiu compreender a importância de planificar estratégias de ensino que preparem o trabalho do professor na sala de aula:

Compreendi que o planeamento de estratégias e previsão de dificuldades ajuda no processo de mobilização de conhecimentos, junto dos alunos, e dá oportunidade ao professor de se preparar convenientemente, evitando situações de desconforto ou incerteza perante questões que possam ser colocadas (Marta, RT_I⁷).

8.3. As tarefas da Experiência de Formação

As tarefas da Experiência de Formação passaram por um processo que envolveu a sua preparação (seção 5.2.5 no capítulo 5), a sua experimentação na sala de aula (seção 5.3 no capítulo 5) e, depois com base nesta experimentação as tarefas foram alvo de análise (seção 5.3.2. no capítulo 5) com o propósito de reformular a Experiência de Formação e redefinir o conjunto de tarefas que foram realizadas no 2.º ciclo de experimentação na sala de aula (seção 6.1.2). Portanto, nesta seção apresento os resultados obtidos da análise dos dados recolhidos durante os dois ciclos de experimentação na sala de aula da Experiência de Formação, que evidenciam os contributos das tarefas para o desenvolvimento do TPACK dos FP durante a sua resolução.

Foram várias as tarefas da Experiência de Formação que tinham como objetivo promover a reflexão (pessoal e/ou coletiva) dos FP sobre as suas concepções, experiências prévias e conhecimentos desenvolvidos em relação à integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, três das tarefas do 1.º ciclo (T_I^1 , T_I^2 , T_I^7) e seis das tarefas do 2.º ciclo (T_{II}^1 , T_{II}^2 , T_{II}^3 , T_{II}^4 , T_{II}^{11} , T_{II}^{12}). Os dados do questionário final revelam que todos os FP (os doze participantes do estudo) pelo menos concordaram (ver Figura 8.1) em ter adquirido capacidades associadas à autorreflexão.

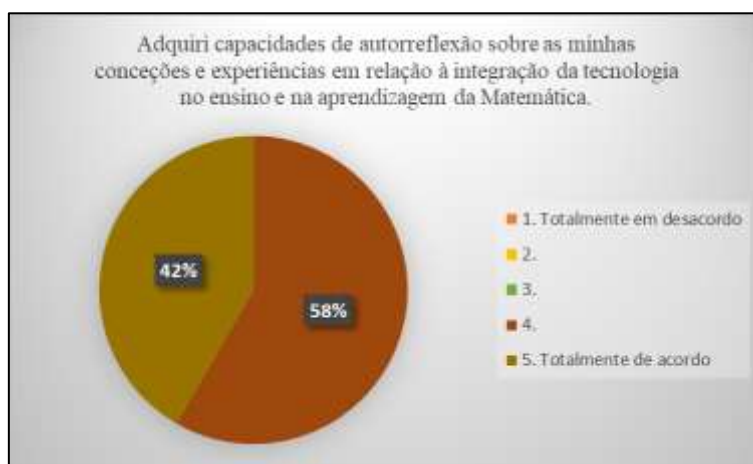


Figura 8.1. Resultados da questão 1 do questionário final (1.º e 2.º ciclo)

Um dos principais objetivos das tarefas da Experiência de Formação consistiu em analisar e/ou elaborar situações de ensino e aprendizagem que envolviam a integração da tecnologia. No caso do 1.º ciclo foram cinco tarefas (T_I^2 , T_I^3 , T_I^4 , T_I^5 , T_I^6) e no 2.º ciclo

oito das tarefas (T_{II}^3 , T_{II}^4 , T_{II}^5 , T_{II}^6 , T_{II}^7 , T_{II}^8 , T_{II}^9 , T_{II}^{10}) visavam desenvolver conhecimentos relativos para o cumprimento deste objetivo.

Nestas tarefas os FP analisaram ou elaboraram propostas de estratégias de resolução de tarefas matemáticas com apoio a recursos tecnológicos, as possíveis dificuldades que podem ter alunos e professores quando usam esses recursos, assim como também as estratégias de ensino que orientam o professor na sala de aula. Os dados mostram que os FP reconheceram que este tipo de tarefas contribuiu para o desenvolvimento de conhecimento relativo à preparação de aulas que integrem o uso de ferramentas tecnológicas e as formas em como o professor pode orientar os seus alunos nestas aulas. Por exemplo, Cristina afirmou que:

O trabalho de previsão das possíveis estratégias e dificuldades dos alunos, bem como a formulação de questões orientadoras, **contribuiu** para tomar consciência da importância de trabalhar de forma adequada aos alunos e **desenvolveu** a capacidade de orientar momentos de discussão em turma, sabendo motivar e interpelar os alunos, de forma personalizada e consoante o seu processo de trabalho (Cristina, RT_I^7 , **negrito meu**).

Na Figura 8.2 os dados revelam que todos os FP concordam em ter adquirido conhecimentos e capacidades para analisar a integração da tecnologia em situações de ensino e aprendizagem, nomeadamente num plano de aula.



Figura 8.2. Resultados da questão 2 do questionário final (1.º e 2.º ciclo)

Em ambos os ciclos, as tarefas situadas na segunda fase da TFA promoviam o uso de diferentes ferramentas tecnológicas para resolver tarefas e explorar conteúdos matemáticos. Este foi um aspeto muito valorizado pelos FP, os quais reconheceram o contributo que teve para a sua formação o facto de terem explorado várias tecnologias,

muitas delas que não conheciam e que lhes permitiu gerar aprendizagens importantes associados à integração da tecnologia na Educação Matemática.

Por exemplo, no caso do *Excel*, ferramenta explorada na T_I^2 e T_{II}^3 , todos os FP indicaram já ter usado o *Excel* nalgum momento da sua vida, uns mais do que outros e para fins variados. Porém, para Glória, foi durante a resolução da T_{II}^3 que ela conseguiu compreender as distintas possibilidades que esta ferramenta oferece para o ensino e a aprendizagem da Matemática, nomeadamente para abordar conteúdos matemáticos associadas à Estatística. Assim esta FP indicou que:

Até hoje nunca tinha visto um exemplo de tarefa feita com o *Excel*. Na altura que estava aprendendo a usar o *Excel*, eu lembro de ter pensado que seria possível fazer uma boa tarefa com seu uso, mas nunca tinha ido pesquisar sobre isso. Esta aula me fez abrir a mente nessas possibilidades (Glória, RIT_{II}^3).

O *GeoGebra* foi outro dos recursos tecnológicos explorados na sala de aula, este *software* foi introduzido através das tarefas T_I^4 e T_{II}^5 , e utilizado pelos FP nas tarefas T_I^5 , T_{II}^9 e T_{II}^{10} . Por exemplo a T_{II}^5 , que visava promover a articulação entre o conhecimento sobre o *GeoGebra* (TK) e o conhecimento sobre conteúdos matemáticos associados à Geometria (CK), contribuiu para que os FP consolidaram os conhecimentos técnicos sobre o uso das funcionalidades deste *software* para explorar conceitos geométricos, como no caso de Isabel, quem indicou que:

Relativamente aos contributos para a minha prática profissional, ao resolver esta tarefa relembrei quadriláteros e demonstrações, melhorei os conhecimentos do *GeoGebra*, aprendi a remover os rótulos que, quando em excesso, tornam confusas as figuras, e aprendi a personalizar a barra de ferramentas de modo a focar e orientar as aprendizagens dos alunos usando a tecnologia (Isabel, RIT_{II}^5).

Em termos gerais, os dados mostram que onze dos FP concordam em terem adquirido conhecimentos sobre o *GeoGebra* e o seu uso na Educação Matemática (ver Figura 8.3)

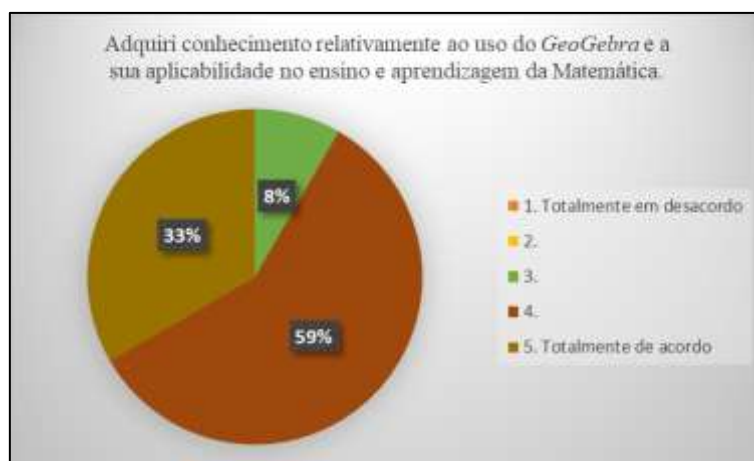


Figura 8.3. Resultados da questão 4 do questionário final (1.º e 2.º ciclo)

Estes resultados revelam que este foi um dos *softwares* muito bem aceite pelos FP, por exemplo, Ana afirmou que “o *GeoGebra* está no top, portanto o facto de nós podermos trabalhar com o *GeoGebra* foi fundamental” (E_{II}).

No 2.º ciclo de experimentação na sala de aula, foi aumentado o número de tecnologias exploradas em relação ao 1.º ciclo, por exemplo, acrescentou-se uma tarefa que permitiu explorar a calculadora gráfica, outra que promoveu a exploração de *applets* e a tarefa que solicitava a elaboração de um *e-portefólio*, através do uso da plataforma *WIX*.

No caso da calculadora gráfica, os dados evidenciam que esta ferramenta era bem conhecida dos FP, só Tiago e Glória referem que, devido ao contexto da sua formação académica (escolar e universitária), nunca tinham usado esta ferramenta: “eu nunca tinha usado a calculadora gráfica, na universidade de Lisboa foi a primeira vez que entrei em contato com a calculadora gráfica numa das tarefas que realizei nesta disciplina” (Glória, RT_{II}¹¹).

Os *applets* e a plataforma *WIX* constituíram uma novidade para os FP participantes do 2.º ciclo de experimentação. Segundo o questionário final, mais da metade dos FP concordaram em terem adquirido conhecimentos relativos ao uso destas ferramentas para o ensino e a aprendizagem da Matemática (ver Figura 8.4).

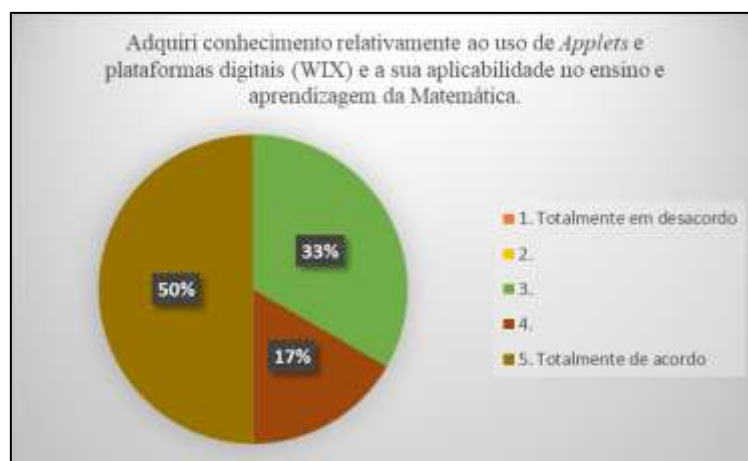


Figura 8.4. Resultados da questão 5 do questionário final (2.º ciclo)

Os FP reconheceram os contributos que a exploração destes recursos lhes trouxe ao seu TK. Por exemplo, Glória indicou que a tarefa *Exploração de Applets* (T_{II}^7) permitiu usar “um recurso que não tinha grande contato e me ajudou a pesquisar mais afundo o desconhecido. Então fiz dessa tarefa uma oportunidade de conhecer mais uma ferramenta” (RT_{II}^7). No caso da elaboração de um *e-portefólio* (T_{II}^{12}), os FP concluíram que adquiriram aprendizagens como resultado da exploração e utilização das ferramentas disponíveis na plataforma WIX associadas à criação de uma página web. Por exemplo, Sofia afirmou que “aprender uma plataforma nova como o WIX e o editor de vídeo como o POWTOON, foram ótimas consequências na elaboração do portefólio” (RT_{II}^{11}) e na Figura 8.5 apresenta-se uma captura de imagem do vídeo elaborado por Sofia para resolver a T_{II}^{11} e que foi inserido no seu *e-portefólio*.

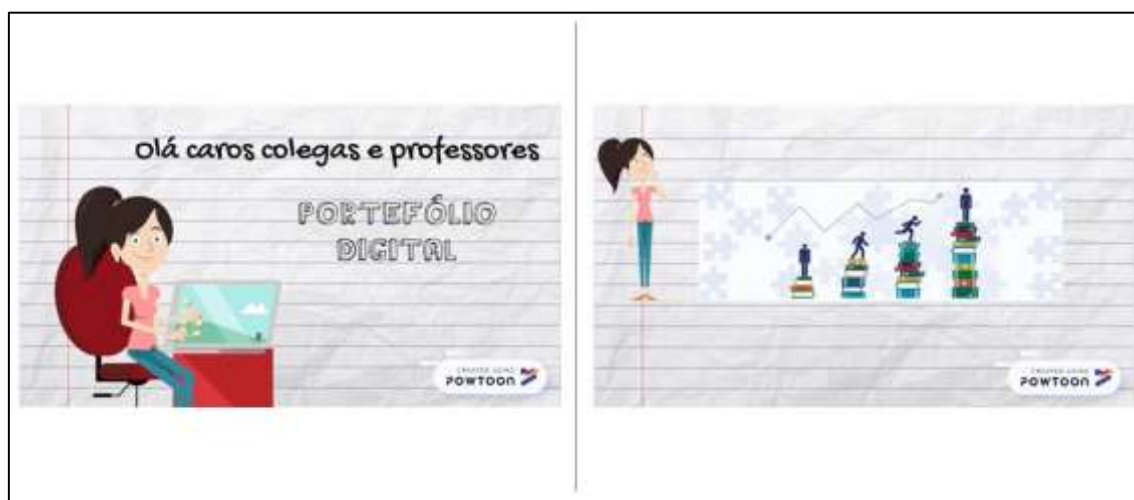


Figura 8.5. Captura de imagem do vídeo elaborado por Sofia (RT_{II}^{11})

Ana também destaca o enriquecimento que teve para ela a oportunidade de elaborar o *e-portefólio*, indicando que “este portefólio se mostrou bastante relevante no sentido em que lhe foi possível manipular com maior à vontade as ferramentas tecnológicas envolvidas na produção do mesmo” (RT_{II}^{11}), o que se reflete na Figura 8.6 que apresenta uma captura de imagem do *e-portefólio* elaborado por Ana, segundo o que era pedido na T_{II}^{12} .



Figura 8.6. Captura de imagem do *e-portefólio* elaborado por Ana (RT_{II}^{12})

A última fase da TFA tinha como objetivo que os FP elaborassem e refletissem sobre propostas de ensino e aprendizagem que integrasse o uso de alguma ferramenta tecnológica, quer através da preparação de uma tarefa quer através da planificação de uma aula. No 1.º ciclo de experimentação foram três tarefas que promoviam o desenvolvimento deste objetivo (T_I^5 , T_I^6 , T_I^7) e no 2.º ciclo quatro tarefas (T_{II}^9 , T_{II}^{10} , T_{II}^{11} , T_{II}^{12}). Na Figura 8.7 observa-se que os dados recolhidos no questionário final mostram que onze dos FP concordaram em ter adquiridos conhecimentos e/ou capacidades associadas à elaboração de tarefas matemáticas com apoio à tecnologia.



Figura 8.7. Resultados da questão 7 do questionário final (1.º e 2.º ciclo)

Em relação à elaboração de planos de aula, no 1.º ciclo de experimentação, na T_I^7 os FP refletiram sobre as aprendizagens realizadas durante a resolução da T_I^6 , na qual os FP elaboraram um plano de uma aula que integrou o uso de uma ferramenta tecnológica para a resolução de uma tarefa matemática. Sobre esta tarefa em específico (T_I^6), os FP destacaram vários aspetos positivos, um destes aspetos é o facto de que os FP valorizaram a importância que a planificação de aulas tem quando se busca integrar a tecnologia na sala de aula. A este respeito Sara indicou que “uma aprendizagem fundamental enquanto futura professora é o reconhecimento de que os planos de aula que incluam tecnologia devem ser mesmo muito bem detalhados e devem possuir uma estrutura bastante adequada” (RT_I^7).

Outro aspeto que reconheceram os FP é que elaborar um plano de aula lhes permite se aproximarem à realidade de sala de aula, tal como Paula afirmou: “em relação às aprendizagens, como futura professora, considero muito importante a planificação de uma aula [que promova o uso da tecnologia], na medida em que esta permite ter uma noção mais próxima daquilo que poderá acontecer na sala” (RT_I^7).

Um terceiro aspeto que os FP retiraram da resolução da T_I^6 é que para eles a elaboração de um plano de aula que envolvia o uso da tecnologia contribuiu para compreender o papel da tecnologia na aula e como se articula com o professor e o aluno, quanto ao uso que podem dar à tecnologia. Exemplo disto é o que referiu Vitória indicando que “ao planear a aula pude entender o papel da tecnologia na aula de Matemática, ou seja, como a tecnologia muda o carácter de uma aula e a forma como um problema é reformulado pelo professor e compreendido/resolvido pelo aluno” (RT_I^7).

No 2.º ciclo de experimentação, os FP também elaboraram um plano de aula como resolução da T_{II}^{10} . Em ambos os ciclos, todos os FP reconheceram terem adquirido conhecimentos e desenvolvido capacidades relativas à elaboração de um plano de aula que integre a tecnologia, como mostram os dados do questionário final aplicado em ambos ciclos (ver Figura 8.8).

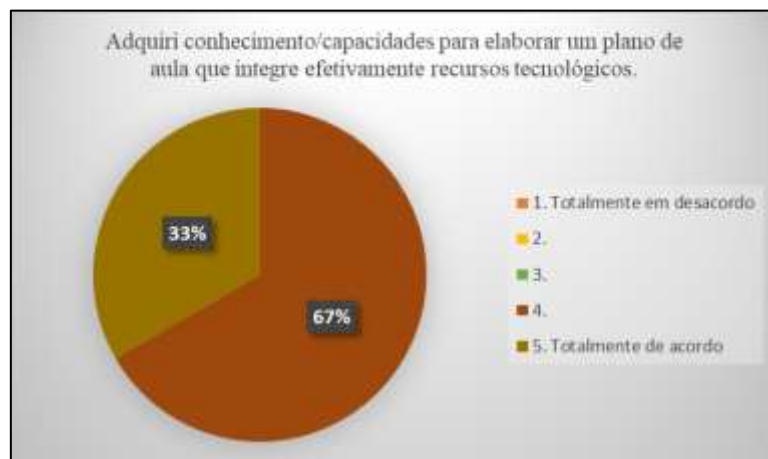


Figura 8.8. Resultados da questão 8 do questionário final (1.º e 2.º ciclo)

Finalmente, o objetivo central das tarefas da Experiência de Formação foi promover o desenvolvimento do TPACK, nomeadamente através da mobilização e articulação dos diferentes domínios deste conhecimento, principalmente o TK, TCK, TPK e PCK. Com o propósito de desenvolver, através das tarefas, o conhecimento necessário para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

A este respeito, os resultados apresentados no capítulo 7 evidenciam que durante a resolução das tarefas os FP mobilizaram e articularam os distintos domínios do conhecimento profissional do professor em cada uma das quatro componentes cognitivas do TPACK – concepções, currículo, aprendizagem e ensino. Além disto, no questionário final, os dados revelam que 9 FP estão totalmente de acordo e 3 FP estão de acordo (ver Figura 8.9) de que a Experiência de Formação contribuiu para o desenvolvimento do seu conhecimento profissional para integrar efetivamente a tecnologia na Educação Matemática através da resolução das tarefas que integraram a tecnologia. Resultado que suporta o eixo central que orientou a preparação das tarefas e verifica o cumprimento do objetivo que direcionou a implementação das tarefas na sala de aula – desenvolver o TPACK dos FP de Matemática.



Figura 8.9. Resultados da questão 9 do questionário final (1.º e 2.º ciclo)

8.4. Síntese dos principais resultados

Em relação ao que era pretendido desenvolver com a Experiência de Formação – o TPACK dos FP, os resultados mostram que os FP evidenciam ter desenvolvido conhecimentos relativos à integração dos três domínios do conhecimento que constituem o TPACK e, além disto, os FP reconheceram as suas aprendizagens adquiridas e os contributos da Experiência de Formação para desenvolver conhecimento relativo à integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

Sobre o como foi pensado desenvolver o TPACK na Experiência de Formação, os resultados mostram que a resolução de tarefas abertas, a exploração de diferentes ferramentas tecnológicas e a participação em espaços de reflexão e partilha de conhecimentos, constituíram estratégias de ensino adequadas para promover o desenvolvimento do TPACK e que foram verificadas com os dados recolhidos. O uso da tecnologia durante a resolução de tarefas de natureza exploratória e investigativa ofereceu oportunidades para que os FP se aproximaram, em alguns casos por primeira vez, às distintas ferramentas tecnológicas disponíveis para a Educação Matemática, logo os espaços de reflexão e partilha de conhecimentos ao longo da Experiência de Formação permitiram discutir e refletir sobre a realidade de sala de aula quando se integra a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, aproximando a prática profissional à formação inicial de professores.

Além disto, os princípios, considerados no quadro teórico, relacionados com a formação inicial de professores e a integração da tecnologia neste contexto, foram

verificados nos resultados obtidos. Assim, os contextos das tarefas, hipotéticos ou reais, permitiram problematizar situações de ensino e aprendizagem da Matemática. A metodologia de trabalho em grupo promoveu a colaboração entre os FP. A exploração de diferentes ferramentas tecnológicas e a promoção da sua integração na Educação Matemática permitiram desenvolver competências nos FP associadas à alfabetização digital, verificando-se sete competências que indicam que os FP foram capazes de: (i) justificar a importância de integrar a tecnologia na escola tendo em consideração o contexto atual que caracteriza o século XXI como a era digital, (ii) ter um pensamento crítico e reflexivo sobre a integração da tecnologia na escola, (iii) aprimorar o seu interesse e curiosidade sobre o uso de ferramentas tecnológicas para o ensino e a aprendizagem da Matemática, (iv) identificar as potencialidades de ferramentas tecnológicas específicas e a sua aplicabilidade na Educação Matemática, (v) justificar o uso da tecnologia na Educação Matemática, (vi) ter uma atitude de perseverança e confiança, e (vii) ter autonomia para integrar a tecnologia no ensino e aprendizagem da Matemática.

Os resultados apresentados neste capítulo, em articulação com os resultados apresentados no capítulo 7, permitiram verificar o cumprimento dos objetivos de aprendizagem da Experiência de Formação, concluindo que os FP manifestaram e aprimoraram as suas concepções sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática, mobilizaram o conhecimento tecnológico e o integraram com o conhecimento sobre o currículo, a aprendizagem e o ensino da Matemática.

Finalmente, enquanto às tarefas que da Experiência de Formação, os resultados evidenciaram que a resolução das tarefas contribuiu para que os FP conseguiram: (i) adquirir capacidades associadas à autorreflexão sobre as suas concepções, experiências prévias e aprendizagens adquiridas; (ii) adquirir capacidades para analisar criticamente a integração da tecnologia em situações de ensino e aprendizagem da Matemática; (iii) adquirir conhecimentos e capacidades para elaborar propostas de ensino e aprendizagem da Matemática que integre o uso da tecnologias, como tarefas matemáticas ou planos de aula; (iv) conhecer diferentes ferramentas tecnológicas disponíveis para o ensino e a aprendizagem da Matemática; (v) consolidar os conhecimentos técnicos sobre as ferramentas tecnológicas exploradas; e (vi) desenvolver conhecimento profissional para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES

Neste capítulo apresento as principais conclusões do estudo no que se refere ao TPACK dos futuros professores e aos contributos da Experiência de Formação para o desenvolvimento deste conhecimento. Termino com algumas considerações acerca da investigação realizada e algumas novas questões para futuras investigações, fruto da minha reflexão sobre a experiência durante a realização desta investigação.

9.1. O TPACK dos futuros professores de Matemática

A primeira questão de investigação que orienta este estudo procura saber *como se caracteriza e evolui o TPACK dos futuros professores no decorrer da Experiência de Formação*. Tal como é definido teoricamente, o TPACK é um conhecimento complexo e dinâmico que envolve a integração e articulação simultânea de três domínios do conhecimento profissional do professor: conteúdo (CK), pedagogia (PK) e tecnologia (TK) (Mishra & Koehler, 2006). Para responder a esta questão de investigação, considero o TPACK como o conhecimento profissional do professor necessário para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, que é definido a partir de quatro componentes cognitivas (Niess, 2012a): (i) conceções sobre os propósitos de integrar a tecnologia na Educação Matemática; (ii) conhecimento do currículo e materiais curriculares quando se integra a tecnologia na Educação Matemática; (iii) conhecimento sobre a aprendizagem da Matemática dos alunos quando usam tecnologia;

e (iv) conhecimento de estratégias de ensino da Matemática quando se integra a tecnologia.

Em virtude dos aspetos mencionados e para dar resposta à primeira questão de investigação, foram definidas quatro subquestões, cada uma delas associada a uma das componentes cognitivas do TPACK. Nas seguintes seções dou resposta a estas subquestões, tendo por base os resultados apresentados no capítulo 7 e a fundamentação teórica que suporta este estudo.

9.1.1. As concepções dos futuros professores sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática

Tendo por base a primeira componente cognitiva do TPACK – as concepções, a subquestão de investigação procura saber *quais as concepções que os futuros professores manifestam em relação à integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, ao longo da Experiência de Formação?* Em ambos os ciclos de experimentação da Experiência de Formação na sala de aula, os resultados obtidos evidenciam diversas concepções dos futuros professores sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática, sendo que as concepções apresentadas de seguida foram as predominantes e comuns em ambos os ciclos de experimentação.

As ferramentas tecnológicas têm potencialidades para a aprendizagem da Matemática. Esta concepção dos futuros professores é abrangente, no sentido de que esta concepção engloba as outras concepções dos futuros professores associadas ao reconhecimento de que o uso de ferramentas tecnológicas tem benefícios para a aprendizagem da Matemática. Interpreto que esta concepção, evidenciada desde a fase inicial da Experiência de Formação, suporta-se na ideia universalmente aceite de que a tecnologia enriquece o campo no qual se encontra integrada (Estrela, 2014). No caso da Educação, “as tecnologias de informação e comunicação tornaram-se cada vez mais acessíveis e valorizadas para fins educacionais” (Niess, 2012b, p.12), sendo que, os futuros professores participantes deste estudo, da mesma forma do que noutros estudos (Viseu & Ponte, 2009) têm a concepção de usar a tecnologia para potencializar a aprendizagem da Matemática.

Identificando estas potencialidades, os futuros professores conceberam que *o uso de ferramentas tecnológicas na sala de aula motiva o trabalho dos alunos*. Esta concepção foi comum em ambos os ciclos de experimentação, todos os futuros professores

conceberam a integração da tecnologia como um fator que promove a motivação dos alunos para resolver as tarefas e desenvolver atitudes positivas sobre a Matemática dentro da sala de aula. Esta concepção pode ser produto da própria experiência pessoal dos futuros professores no uso de ferramentas tecnológicas, quer no âmbito educacional quer no âmbito social, pois os resultados evidenciaram que ao longo da Experiência de Formação os futuros professores tiveram uma atitude receptiva e gostaram de explorar e usar distintos recursos tecnológicos durante a resolução das tarefas, mesmo aqueles que no início enfrentaram algumas dificuldades no uso dos recursos tecnológicos. Assim, esta concepção resulta da interação de cada futuros professores com a realidade onde está inserido (Santos et al., 2008), neste caso, o contexto da Experiência de Formação.

Os futuros professores também conceberam que *o uso de ferramentas tecnológicas incentiva os processos associados à compreensão de conceitos matemáticos*. Os resultados mostram que esta concepção dos futuros professores, ainda que tenha sido evidenciada desde a fase inicial da Experiência de Formação, foi amadurecendo ao longo da experiência, à medida que os futuros professores exploraram diversos conceitos matemáticos através de distintas ferramentas específicas. Com base nesta exploração pessoal dos recursos tecnológicos, os futuros professores concebem que o uso da tecnologia incentiva processos como consolidar os conhecimentos desenvolvidos e as aprendizagens adquiridas, visualizar e representar os conceitos matemáticos de forma dinâmica e com precisão e otimizar o tempo no tratamento de dados e no teste de conjecturas. Tal como Niess (2012a) afirma, estas concepções baseiam-se nas crenças que os futuros professores têm sobre como a tecnologia contribui na compreensão de conteúdos matemáticos.

Não só reconhecendo potencialidades da tecnologia para a aprendizagem, como também para o ensino, os futuros professores conceberam que *as ferramentas tecnológicas são recursos didáticos que enriquecem o ensino da Matemática*. Os resultados mostram que os futuros professores reconhecem que as ferramentas tecnológicas são recursos didáticos que estão ao serviço do ensino da Matemática, evidenciando que conceberam que a integração da tecnologia permite ao professor introduzir e abordar os conceitos matemáticos de forma ativa e atrativa, usando a tecnologia numa perspetiva pedagógica (Amado & Carreira, 2008), como um recurso dinâmico e inovador. Vários estudos verificaram também que esta é uma das concepções

predominantes manifestadas pelos futuros professores (Akkaya, 2016; Gutiérrez-Fallas & Henriques, 2018).

Em relação ao impacto que a tecnologia pode gerar no ambiente de sala de aula, os futuros professores conceberam que *a integração da tecnologia exige mudanças no processo de ensino e aprendizagem da Matemática*. Ao longo da Experiência de Formação, os futuros professores referiram que ao integrar a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, alguns aspetos associados a este processo iriam mudar. Por exemplo, segundo os resultados obtidos, os futuros professores consideraram que os papéis do professor e do aluno devem mudar, de modo que o professor passe a orientar o trabalho do aluno e o aluno tome uma posição mais ativa e protagonista no que diz respeito à sua aprendizagem e ao uso da tecnologia na sala de aula. Também reconheceram que a planificação e a gestão de aulas são aspetos que exigem muita preparação e reflexão por parte do professor quando deseja integrar efetivamente a tecnologia. Nesta conceção, além de atribuir ao professor a responsabilidade por planificar tarefas matemáticas e selecionar os recursos adequados para resolver essas tarefas, os futuros professores consideraram que é importante que o professor justifique o uso desses recursos tecnológicos (Llinares, 2008).

Em ambos os ciclos de experimentação, os futuros professores consideram que *o uso desmedido e sem fundamento de ferramentas tecnológicas pode interferir negativamente na concretização dos objetivos de aprendizagem*, considerando que a integração da tecnologia na sala de aula deve ser equilibrada e bem fundamentada. Os resultados evidenciam que, apesar das conceções favoráveis dos futuros professores sobre o uso da tecnologia na aprendizagem da Matemática, eles reconheceram que esse uso sem uma intencionalidade didática também pode limitar as aprendizagens e o desenvolvimento de algumas competências transversais dos alunos e pode produzir distrações dentro da sala de aula. Considero que esta conceção está associada à imagem que os futuros professores têm sobre a realidade de sala de aula, manifestando assim alguns receios ou preocupações sobre o uso de ferramentas tecnológicas na sua futura prática profissional. Portanto, concordando com Viseu e Ponte (2009), considero que a integração efetiva das ferramentas tecnológicas na formação inicial de professores de Matemática deve ajudar a “desvanecer os receios que muitos deles sentem no início da

sua carreira em desenvolver uma prática docente de acordo com as orientações curriculares atuais” (p. 410).

Outro aspeto importante que deriva dos resultados obtidos na análise dos dados está associado à mudança nas concepções dos futuros professores sobre a tecnologia e a sua integração na Educação Matemática. Tal como foi identificado noutros estudos que visavam desenvolver o TPACK em futuros professores de Matemática (Akkaya, 2016; Agyei & Voogt, 2012), os resultados mostram diferenças significativas nas concepções dos futuros professores em relação ao uso da tecnologia na Educação Matemática no início e no final da Experiência de Formação. Em ambos os ciclos de experimentação houve participantes que no início não se sentiram à vontade para usar ferramentas tecnológicas, mostrando certa resistência em explorar estes recursos, por exemplo, Marta (1.º ciclo de experimentação), Samuel e Tiago (2.º ciclo de experimentação). Os resultados evidenciaram que no início da Experiência de Formação as concepções destes futuros professores mostravam-se um pouco fechadas, isto é, existia uma certa barreira em explorar ferramentas tecnológicas, possivelmente devido ao pouco conhecimento ou contacto com recursos tecnológicos específicos para a Educação Matemática, de modo que não reconheciam o potencial que estes recursos poderiam oferecer. À medida que tiveram contacto com diferentes tecnologias e resolveram distintas tarefas, aproximaram-se à realidade de integrar a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática, e no final da Experiência de Formação estas concepções mudaram, ficando cada vez mais abertas. Como consequência, os futuros professores usaram ativamente as ferramentas tecnológicas, mostraram-se confiantes no uso destas ferramentas, reconheceram as suas potencialidades e exploraram opções para integrá-las na Educação Matemática.

Desta forma concluo que, após o processo de formação que experienciaram, as concepções dos futuros professores evidenciam que, com respeito à sua futura prática profissional, têm intenção de utilizar a tecnologia e que vão gostar de fazê-lo, pois reconhecem as suas potencialidades para o ensino e aprendizagem da Matemática. Estas concepções passam a formar parte da identidade profissional que os futuros professores vão consolidando ao longo do seu processo de formação (Liljedahl et al., 2009; Swars et al., 2009).

Em relação ao conhecimento que suportou as concepções dos futuros professores, a mudança positiva das concepções dos futuros professores, em termos de aceitarem a

integração da tecnologia na Educação Matemática e reconhecerem o potencial que a tecnologia tem para o ensino e a aprendizagem da Matemática, evidencia que o TK promovido ao longo da Experiência de Formação através da exploração de diferentes ferramentas tecnológicas, articulou-se com o PCK dos futuros professores, evidenciando a mobilização, desenvolvimento e consolidação do TPACK dos futuros professores.

9.1.2. O conhecimento dos futuros professores sobre a integração da tecnologia no currículo da Matemática

A segunda subquestão está associada à componente cognitiva do TPACK que diz respeito ao conhecimento do currículo quando se integra a tecnologia, de modo que procura saber que conhecimento associado à integração da tecnologia no currículo da Matemática os futuros professores evidenciam ao longo da experiência de formação?

Em ambos os ciclos de experimentação da Experiência de Formação na sala de aula, os resultados mostram que os futuros professores mobilizaram o seu conhecimento sobre o currículo escolar em articulação com o seu TK, evidenciando: (i) conhecimento associado à formulação de objetivos de aprendizagem para propostas de ensino e aprendizagem da Matemática com recurso à tecnologia, (ii) conhecimento associado ao enquadramento curricular de uma ferramenta tecnológica, (iii) conhecimento sobre a gestão dos recursos na sala de aula, e (iv) conhecimento sobre a avaliação das aprendizagens dos alunos quando se integra a tecnologia na resolução de tarefas matemáticas.

Na formulação de objetivos de aprendizagem, os futuros professores evidenciaram conhecimento sobre o currículo escolar, nomeadamente os objetivos de aprendizagem de diversos tópicos da Matemática definidos pelo programa em vigor, a organização dos conteúdos matemáticos dentro do currículo escolar e as capacidades transversais contempladas no programa escolar, incluindo capacidades associadas ao uso de ferramentas tecnológicas, que são elementos considerados em modelos teóricos do conhecimento profissional como o de Ponte (2012).

A formulação de objetivos de aprendizagem foi um processo que evidencia, em primeiro lugar, que os futuros professores recorrem ao seu PCK no reconhecimento de aspetos curricularmente importantes como o raciocínio matemático, a comunicação matemática, a resolução de tarefas e o trabalho colaborativo entre os alunos. Em segundo

lugar, os futuros professores mobilizam o seu TK reconhecendo a utilidade de uma ferramenta tecnológica para atingir as expectativas de aprendizagem. Contudo, os objetivos formulados pelas futuras professoras, participantes do 1.º ciclo de experimentação, não contemplaram como era esperado que os alunos usassem a tecnologia. Portanto, concluo que na formulação de objetivos de aprendizagem, não se evidencia a articulação entre o TK e o PCK das futuras professoras no 1.º ciclo de experimentação.

Não obstante, no 2.º ciclo de experimentação, a formulação de objetivos de aprendizagem foi melhor conseguida do que no 1.º ciclo. Considero que isto é o resultado da reformulação da Experiência de Formação, nomeadamente, do aumento no número de tarefas que ofereceram diferentes oportunidades para os futuros professores definirem objetivos de aprendizagem para diversas ferramentas tecnológicas. Os resultados mostram que neste 2.º ciclo, os futuros professores além de evidenciarem a mobilização do seu PCK, evidenciam o seu TPK reconhecendo os princípios estabelecidos no programa escolar para orientar o uso da tecnologia, e o seu TCK, ao referir as formas de usar as ferramentas tecnológicas para explorar os conteúdos matemáticos contemplados no currículo. Portanto, concluo que os futuros professores participantes do 2.º ciclo de experimentação articularam o seu PCK, TPK e TCK, evidenciando o desenvolvimento do seu TPACK na formulação de objetivos de aprendizagem quando se integra a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

Tendo por base que o enquadramento dos conteúdos matemáticos no currículo escolar é uma vertente do conhecimento curricular do professor (Hill & Ball; 2009), na Experiência de Formação, quando os futuros professores analisaram ou planearam uma situação de ensino e aprendizagem da Matemática com recurso à tecnologia, era suposto que conseguissem enquadrar uma ferramenta tecnológica no currículo escolar. Neste sentido, os resultados mostram que os futuros professores mobilizaram o seu o conhecimento da Matemática como disciplina escolar (Ponte; 2012) na justificação do uso de uma tecnologia específica para abordar tópicos matemáticos curricularmente enquadrados.

Num estudo realizado com professores em serviço (Tatar et al., 2018), os resultados mostraram que os professores foram capazes de reconhecer algumas das vantagens de usar a tecnologia como uma ferramenta complementar no currículo. Neste estudo, os

resultados evidenciam que, em ambos os ciclos de experimentação, os futuros professores articularam vários domínios do seu conhecimento profissional no enquadramento do uso de ferramentas tecnológicas no currículo escolar. Particularmente, a maioria dos futuros professores identificaram as propriedades e características dos conceitos matemáticos (CK), reconheceram as potencialidades que oferecia uma ferramenta tecnológica determinada para explicitar a forma em que essa tecnologia permitiria explorar esses conceitos (TCK) e justificaram assim a pertinência do uso dessa ferramenta no currículo escolar (TPK). Portanto, conclui-se que se evidencia o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores no processo de enquadrar uma ferramenta tecnológica no currículo escolar.

No que diz respeito à gestão da sala de aula, em ambos os ciclos de experimentação os futuros professores reconheceram elementos como a escola, a organização da aula, o tempo e o próprio professor, como elementos curriculares que se devem considerar para uma boa gestão dos recursos na sala de aula (PK). Os dados evidenciam que os futuros professores reconheceram que estes elementos curriculares devem-se ajustar quando se integra a tecnologia na sala de aula (TK), comprovando assim que estes futuros professores articularam o seu PK e o seu TK, e consequentemente, consolidaram o seu TPK na reflexão sobre estratégias de gestão dos recursos tecnológicos na sala de aula. No estudo de Agyei e Voogt (2015), os autores identificaram que os futuros professores tiveram dificuldades para definir estratégias de gestão de sala de aula nos planos de aula que elaboraram. Neste estudo, verifica-se também que a gestão de sala de aula não é um dos aspetos mais detalhados nos planos de aula que os futuros professores elaboraram. Não considero que isso seja uma dificuldade para os futuros professores, mas justifico esse resultado por existir pouca, ou quase nenhuma, experiência de sala de aula. Portanto, conclui-se que o conhecimento dos futuros professores associado à gestão da sala de aula, nomeadamente o seu TPK, é um dos conhecimentos que precisa ainda ser consolidado a partir de experiências concretas de sala de aula que permitam aos futuros professores, não só refletir sobre estratégias de gestão de sala de aula, como também planear e implementar essas estratégias para assim aprofundar o desenvolvimento deste conhecimento.

Em relação à avaliação das aprendizagens, aspeto também contemplado dentro do conhecimento curricular (Ponte, 2012; Niess, 2012a), somente em três ocasiões (uma no 1.º ciclo e duas no 2.º ciclo) os futuros professores fizeram referência a possíveis

estratégias de avaliação apoiadas nos recursos tecnológicos ou orientadas para avaliar as aprendizagens dos alunos quando utilizam ferramentas tecnológicas. Por exemplo, no 1.º ciclo os resultados mostram a mobilização do PK das futuras professoras para sugerir formas de avaliar a aprendizagem dos alunos. Porém, estas estratégias são gerais, aplicáveis a outros contextos que não integram a tecnologia, de modo que não se evidencia a articulação entre o TK com o PK, pois as futuras professoras não consideraram o uso da tecnologia na própria avaliação das aprendizagens. Por outro lado, também não se verifica a articulação entre o TK com o PCK, pois as futuras professoras não explicitaram a forma em como será avaliada a exploração e uso da tecnologia por parte dos alunos durante a resolução de tarefas matemáticas. Já no 2.º ciclo de experimentação, os resultados revelam que os futuros professores conseguiram articular o seu PK com o TK, evidenciando a mobilização do seu TPK para sugerir estratégias de avaliação das aprendizagens diferenciadas, definindo as formas como os recursos tecnológicos podem ser utilizados para registar o trabalho feito pelos alunos e avaliar as suas aprendizagens. De acordo com os resultados no 2.º ciclo, considero que esta melhoria se deve a que a realização do e-portefólio contribuiu na articulação entre a tecnologia e a avaliação.

9.1.3. O conhecimento dos futuros professores sobre a integração da tecnologia na aprendizagem da Matemática

A terceira subquestão está associada à componente do TPACK referente ao conhecimento sobre a aprendizagem dos alunos quando se integra a tecnologia, de modo que se pretende identificar *que conhecimento associado à integração da tecnologia na aprendizagem da Matemática os futuros professores evidenciam ao longo da experiência de formação?*

Em ambos os ciclos de experimentação, os resultados evidenciam que os futuros professores mobilizaram conhecimento sobre os alunos e os seus processos de aprendizagem da Matemática (Niess, 2012a; Ponte, 2012) em articulação com o TK associado ao conhecimento das potencialidades das ferramentas tecnológicas exploradas na Experiência de Formação e da sua integração no ensino e na aprendizagem da Matemática. Em particular, os resultados mostram que os futuros professores evidenciam conhecimento sobre o papel do aluno quando se integra a tecnologia na sala de aula e

conhecimento sobre as potencialidades que a integração da tecnologia tem para os processos de aprendizagem da Matemática.

Em relação ao conhecimento sobre o aluno, no estudo de Akkaya (2016) foi identificado que, num contexto de integração da tecnologia, os futuros professores conseguiram criar ambientes de aprendizagem centrados no aluno. Semelhantemente neste estudo, os resultados mostram que os futuros professores reconheceram que o aluno é quem deve utilizar as ferramentas tecnológicas de forma ativa e ser protagonista no seu processo de aprendizagem quando este é mediado com a tecnologia. Por exemplo, nas situações de ensino e aprendizagem elaboradas pelos futuros professores, estes evidenciam o seu TPK, nomeadamente o seu conhecimento sobre as funções e opções que uma ferramenta tecnológica determinada tem e os usos possíveis que os alunos podiam dar a essa ferramenta para atingir os objetivos de aprendizagem propostos e garantir uma participação ativa dos alunos.

Na análise e planificação de situações de ensino e aprendizagem da Matemática, centradas na resolução de uma tarefa matemática com recurso à tecnologia, os futuros professores evidenciam o *conhecimento sobre os processos de aprendizagem* em articulação com o *conhecimento didático sobre a ferramenta tecnológica* (Leung, 2017). Para Leung (2017) “a própria experiência de aprendizagem dos professores com ferramentas digitais é um processo crucial na formação do seu conhecimento integrado à tecnologia” (p. 6). A este respeito, neste estudo verifica-se que, em ambos os ciclos de experimentação, os resultados evidenciam que uma vez que os futuros professores exploraram distintas ferramentas tecnológicas, eles foram capazes de reconhecer as potencialidades específicas dessas ferramentas e associar essas potencialidades a distintos processos de aprendizagem da Matemática, como a visualização e representação de conceitos matemáticos, o raciocínio matemático, como também a otimização do tempo de resolução de uma tarefa e até as vantagens da tecnologia para ultrapassar possíveis dificuldades de aprendizagens dos alunos.

Os resultados também mostram que os futuros professores articularam o conhecimento didático sobre a ferramenta tecnológica com o *conhecimento da Matemática como disciplina escolar* (Ponte; 2012). Nomeadamente, esta articulação teve lugar quando os futuros professores refletiram e discutiram sobre a formulação de possíveis estratégias de resolução de uma tarefa com apoio da tecnologia, reconhecendo

que a integração da tecnologia na resolução de tarefas matemáticas tem influência nas formas de fazer Matemática, quer na exploração de conceitos matemáticos quer na realização de procedimentos matemáticos. No estudo de Tatar et al. (2018), foi pedido a professores em serviço para elaborarem e implementarem planos de aula que promovessem a integração da tecnologia para o cumprimento de objetivos de aprendizagem. Estes autores identificaram que, embora os professores se referiram, às vezes, à aprendizagem dos alunos com as tecnologias, não consideraram, nem indicaram no plano de aula, que o raciocínio e a aprendizagem dos alunos se podiam potencializar com o uso de ferramentas tecnológicas. Contrariamente a estes dados, os resultados deste estudo, mostram que para os futuros professores, participantes de ambos os ciclos de experimentação, a tecnologia permite aprimorar a interpretação do aluno sobre o que ele está a fazer, incentivando assim o desenvolvimento da compreensão matemática e do raciocínio matemático.

Concluo que o conhecimento dos futuros professores sobre a aprendizagem da Matemática quando se integra a tecnologia consolidou-se ao longo da Experiência de Formação. No reconhecimento do papel do aluno quando se integra a tecnologia, assim como no reconhecimento das potencialidades da tecnologia para o desenvolvimento da aprendizagem da Matemática. Os resultados revelam que, nesta componente, os futuros professores evidenciam a articulação de três domínios do seu conhecimento profissional: o TK, adquirido pela experiência pessoal durante a exploração e uso de distintas ferramentas tecnológicas; o CK, contemplado na resolução de tarefas matemáticas conforme as normas e princípios da disciplina; e o TPK, que toma lugar quando o professor reflete, justifica e decide sobre as formas de usar a tecnologia para promover a aprendizagem dos alunos.

9.1.4. O conhecimento dos futuros professores sobre a integração da tecnologia nas estratégias de ensino da Matemática

Finalmente, para a componente cognitiva do TPACK que diz respeito ao conhecimento sobre o ensino da Matemática quando se integra a tecnologia, a subquestão respetiva procura perceber *que conhecimento associado à integração da tecnologia nas estratégias de ensino da Matemática os futuros professores evidenciam ao longo da experiência de formação?*

Os resultados deste estudo mostram que, em ambos os ciclos de experimentação, os futuros professores mobilizaram o seu conhecimento didático sobre o Ensino da Matemática em articulação com o TK desenvolvido ao longo da Experiência de Formação. Particularmente, os futuros professores evidenciam conhecimento associado ao papel do professor para integrar a tecnologia na sala de aula, conhecimento sobre estratégias de ensino para orientar aos alunos no uso de ferramentas tecnológicas e conhecimento sobre a elaboração de tarefas matemáticas com recurso à tecnologia.

Tendo por base que o professor é o responsável pela planificação, organização e implementação do ensino de conteúdos matemáticos (Niess, 2012a), os resultados evidenciaram que os futuros professores reconheceram que o papel do professor tem duas dimensões principais no processo de integrar a tecnologia na sala de aula: uma dimensão como professor reflexivo que toma lugar na planificação de aulas e uma dimensão como professor orientador responsável por acompanhar o trabalho dos alunos quando estes usam recursos tecnológicos para resolver tarefas matemáticas.

Nesta dimensão de professor orientador, ao longo da Experiência de Formação, os futuros professores mobilizaram o *conhecimento sobre a prática letiva* (Llinares, 2008; Ponte, 2012) em articulação com o *conhecimento didático sobre a ferramenta tecnológica* (Leung, 2017) para analisar, sugerir e formular diversas estratégias de ensino focadas em conduzir a prática do professor na sala de aula. De acordo com os resultados, identifiquei cinco estratégias de ensino predominantes e referidas pelos futuros professores em ambos os ciclos de experimentação:

- i. Fazer uma introdução indutiva do uso de uma ferramenta tecnológica específica.
- ii. Organizar os alunos em pares ou tríades de modo que cada pequeno grupo trabalhe colaborativamente com um equipamento tecnológico, como o computador.
- iii. Elaborar um guião que oriente os alunos para usarem uma ferramenta tecnológica para os fins pretendidos.
- iv. Colocar questões que orientem aos alunos na exploração e uso de ferramentas tecnológicas.
- v. Promover espaços de discussão coletiva na sala de aula que permitam consolidar os resultados que se obtiveram através de uma ferramenta tecnológica.

Estas ações, tal como indicam Hill e Ball (2009), evidenciam o *conhecimento do ensino da Matemática* associado às decisões do professor relativamente às estratégias utilizadas para ensinar e às formas de intervir na sala de aula.

Quando se procura integrar a tecnologia no processo de ensino da Matemática, os resultados sobre o conhecimento evidenciado dos futuros professores relativo às estratégias de ensino que orientam aos alunos no uso das ferramentas tecnológicas são muito variados. No 1.º ciclo, por exemplo, apesar de que se identifica certa articulação entre o PK e o TK, as estratégias de ensino propostas pelas futuras professoras são muito gerais, pouco diversificadas e pouco focadas para orientar o uso da tecnologia para explorar conteúdos matemáticos na resolução de tarefas. Nas suas reflexões individuais, as futuras professoras participantes deste 1.º ciclo, reconheceram que tiveram dificuldades em definir e formular estratégias de ensino eficientes para integrar a tecnologia na sala de aula. Esta dificuldade também foi evidenciada noutros estudos, em que os professores em formação (Agyei & Voogt, 2015) ou professores em serviço (Tatar et al., 2018) mostraram dificuldades para planificar aulas, nomeadamente para formular estratégias de ensino que promovam o uso de alguma ferramenta tecnológica.

No entanto, no 2.º ciclo foi evidenciado que a integração da tecnologia influenciou o modo como as estratégias de ensino dos futuros professores mudaram (Agyei & Voogt, 2012). As propostas de ensino e aprendizagem elaboradas pelos futuros professores participantes deste 2.º ciclo seguiram uma metodologia de aula característica do ensino exploratório (Canavarro, 2003). Concluiu-se que este modelo de aula foi influenciado pela metodologia das aulas da Experiência de Formação, que também seguiram uma abordagem exploratória. A este respeito, verifica-se o fenómeno chamado *princípio de isomorfismo* (Ponte & Chapman, 2008; Llinares & Krainer, 2006), de modo que os futuros professores replicaram a forma metodológica de como eles foram ensinados no seu processo formativo. Além disso, as estratégias de ensino definidas pelos futuros professores foram especificadas visando integrar a tecnologia em cada um dos momentos da aula, evidenciando a articulação entre o TK, TPK e TCK dos futuros professores.

Os resultados mostram que os futuros professores evidenciam o *Conhecimento para a Elaboração de Tarefas Matemáticas Digitais* (Leung, 2017) na análise e elaboração de tarefas matemáticas que integrem o uso da tecnologia. Este conhecimento foi consolidando-se ao longo da Experiência de Formação, na medida de que os futuros

professores reconheceram a natureza das tarefas que melhor se adequam para explorar conteúdos matemáticos através de ferramentas tecnológicas específicas. Por exemplo, as tarefas de investigação para abordar conceitos de Estatística usando o *TinkerPlots*TM. Além disso, os futuros professores também evidenciam o *conhecimento técnico sobre ferramentas tecnológicas* (Leung, 2017) específicas para suportar a resolução de tarefas matemáticas específicas. Por exemplo, o conhecimento sobre *softwares* como o *Excel* e o *GeoGebra* para resolver tarefas matemáticas potencializando a criação de diferentes representações para um mesmo conceito e o tratamento de uma grande quantidade de dados.

Concluindo, com base nas conclusões referidas nas seções anteriores, para responder à primeira questão – *como se caracteriza e evolui o TPACK dos futuros professores no decorrer da Experiência de Formação?* – os resultados evidenciam que, como conhecimento profissional do futuros professores, o TPACK é um conhecimento complexo, dinâmico e flexível (Niess, 2012b; Koehler et al., 2014). *Complexo* no sentido de que os resultados revelam que a consolidação e desenvolvimento do TPACK dos futuros professores é o produto da articulação de diferentes domínios do conhecimento profissional do professor, como: o conhecimento de conteúdos matemáticos; o conhecimento didático da Matemática; o conhecimento da Matemática como disciplina escolar; o conhecimento curricular da Matemática; o conhecimento sobre os alunos e os seus processos de aprendizagem; o conhecimento sobre o ensino da Matemática; o conhecimento sobre a elaboração de tarefas; o conhecimento tecnológico e o conhecimento didático da ferramenta tecnológica. Para Niess (2012b) a essência do TPACK é capturada através desses múltiplos domínios do conhecimento profissional, portanto, de acordo com esta autora, a complexidade do TPACK leva-me, ao igual do que ela, a questionar que: “O TPACK é a interseção dos múltiplos domínios ou a soma dos múltiplos domínios que representam o total conhecimento que os professores precisam para ensinar com tecnologia?” (Niess, 2012b, p. 11).

Concluo também que o TPACK é um conhecimento *dinâmico*, pois o seu desenvolvimento implicou a articulação ativa dos vários domínios do conhecimento profissional do professor. Tendo em consideração que o propósito da articulação destes domínios do conhecimento é integrar eficientemente a tecnologia no ensino e na

aprendizagem da Matemática. Além disso, também é um conhecimento *flexível*, já que o TPACK dos futuros professores foi mobilizado para vários propósitos, como a formulação de objetivos de aprendizagem, o enquadramento curricular de ferramentas tecnológicas, a formulação de estratégias de avaliação, a análise e elaboração de tarefas e/ou planos de aula para o ensino e a aprendizagem de conteúdos matemáticos específicos que integrem o uso de ferramentas tecnológicas.

Em relação a como evoluiu o TPACK dos futuros professores ao longo da Experiência de Formação, de modo semelhante como aconteceu noutras investigações (Niess, 2013; Niess et al., 2009; Tatar et al., 2018), os resultados deste estudo mostram que, esta evolução não foi a mesma em cada uma das componentes cognitivas do TPACK. Portanto, concluo que em termos de como se consolidou e progrediu o TPACK dos futuros professores, considero que as componentes cognitivas sobre as concepções dos futuros professores e o conhecimento sobre a aprendizagem quando se integra a tecnologia foram as que mostraram uma evolução mais significativa. A componente sobre o conhecimento do currículo da Matemática quando se integra a tecnologia foi consolidando-se principalmente quando os futuros professores enquadraram ferramentas tecnológicas no currículo escolar. Enquanto que a componente sobre o conhecimento das estratégias de ensino quando se integra a tecnologia foi a que apresentou mais debilidades, não conseguindo identificar uma evolução substancial do conhecimento associado a esta componente.

9.2. Contributos da Experiência de Formação na promoção do desenvolvimento do TPACK dos futuros professores de Matemática

A segunda questão de investigação deste estudo pretende compreender *de que forma a experiência de formação, com as características descritas, contribuiu para promover o desenvolvimento do TPACK de futuros professores de Matemática?* Para dar resposta a esta questão, tendo por base a fundamentação teórica deste estudo, a conjectura de formação e aprendizagem e os resultados apresentados no capítulo 8, seguidamente

discuto os contributos da Experiência de Formação na promoção do desenvolvimento do TPACK dos futuros professores participantes de ambos os ciclos de experimentação.

De acordo com os resultados obtidos, concluo que a Experiência de Formação contribuiu para o desenvolvimento dos conhecimentos emergentes (TPK, TCK) quando se integra, de forma articulada, o conhecimento tecnológico com o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico (Mishra & Koehler, 2006). Tal como Niess (2013) defende, os programas de formação inicial de professores devem estar focados no desenvolvimento do TPK, TCK e PCK, para desenvolver finalmente o TPACK dos futuros professores. Neste estudo, a Experiência de Formação orientou os futuros professores para desenvolverem conhecimento relativo ao TK, ao TCK, ao TPK e, conseqüentemente, ao TPACK. Nomeadamente, a resolução das tarefas da Experiência de Formação foram a fonte principal que promoveu o desenvolvimento destes conhecimentos, constatando o contributo de um dos princípios de design para desenvolver o TPACK dos futuros professores que diz respeito a *usar tarefas abertas contextualizadas em situações reais ou fictícias da prática profissional docente que envolvam o uso da tecnologia por parte do professor e do aluno*. De modo que, foi através da resolução de tarefas matemáticas que os futuros professores exploraram diferentes tecnologias em contextos educativos, reais ou hipotéticos, e que contribuíram para que os futuros professores desenvolvessem o TK, reconhecendo as potencialidades das ferramentas tecnológicas e articulando este conhecimento com o TCK e o TPK para os distintos propósitos previstos nas tarefas.

Um dos contributos da Experiência de Formação que mais se destacou no desenvolvimento do TPACK dos futuros professores foi o seu impacto nas concepções dos futuros professores em relação à integração da tecnologia na Educação Matemática. Contributo sustentado no princípio de design que diz respeito a *promover a articulação entre o conhecimento tecnológico e as concepções dos futuros professores sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática*.

Os resultados mostram que ao longo da Experiência de Formação estas concepções mudaram, sendo cada vez mais favoráveis em integrar a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Isto não só confirma o cumprimento de um dos objetivos de aprendizagem da Experiência de Formação, mas também, assim como noutros estudos (Niess & Gillow-Wiles, 2014; Swars et al., 2009), confirma que a mudança nas concepções

dos futuros professores resulta das características do processo de formação em que participam. Neste estudo as características que contribuíram efetivamente para gerar essas mudanças suportaram-se na dimensão pedagógica da Experiência de Formação e procuraram: (i) oferecer aos futuros professores oportunidade de reflexão, discussão e análise de situações de ensino e aprendizagem da Matemática quando se integra a tecnologia; (ii) permitir que os futuros professores explorem novas tecnologias para o ensino e aprendizagem da Matemática; e (iii) promover a mobilização, articulada, do PCK, TPK e TCK dos futuros professores na planificação de situações de ensino e aprendizagem da Matemática que integrem a tecnologia.

A mudança nas concepções dos futuros professores influenciará positivamente a sua futura prática profissional, criando assim também mudanças nos contextos profissionais (Ponte, 2014). Posso concluir que, ao longo da Experiência de Formação, os futuros professores foram estimulados a adotar uma cultura profissional sujeita às mudanças no âmbito da tecnologia e à sua integração na Educação Matemática, isto é, uma cultura profissional inserida no contexto que caracteriza o presente século XXI (Estrela, 2014; Niess, 2012b). Nesta cultura profissional espera-se que os futuros professores reconheçam a existência de distintas ferramentas tecnológicas e as possibilidades para integrar essas ferramentas no ensino e na aprendizagem da Matemática (Costa et al., 2008).

Os resultados evidenciam que os futuros professores desenvolveram e consolidaram significativamente o TK, associado ao conhecimento sobre diferentes ferramentas tecnológicas, ao longo da Experiência de Formação. De modo que, tal como foi concebido nos princípios de design, a Experiência de Formação *promoveu o uso de diferentes tecnologias durante a resolução das tarefas que permitem aprimorar o desenvolvimento do conhecimento tecnológico dos futuros professores de Matemática*. Para a maioria dos futuros professores participantes deste estudo, foi nesta Experiência de Formação que tiveram contato pela primeira vez com alguns dos recursos tecnológicos educacionais, como o *GeoGebra*, o *TinkerPlots*TM, as *applets* e plataformas digitais como *WIX*. Assim sendo, aproximar os futuros professores com a existência e uso de diferentes recursos tecnológicos através da resolução de tarefas que integram, articuladamente, o TK com o PCK, constituiu-se um dos principais contributos da Experiência de Formação para

desenvolver o TPACK dos futuros professores (Agyei & Voogt, 2015; Niess & Gillow-Wiles, 2014; Tatar et al., 2018).

A este respeito Costa et al. (2008) afirmam que “embora o conhecimento sobre tecnologias seja uma condição essencial para que venham a poder compreender o seu verdadeiro potencial ao serviço da aprendizagem, é necessário criar oportunidades para que os professores possam experimentá-las em situações concretas de ensino e aprendizagem” (p. 42). De acordo com estes autores, conclui-se que a Experiência de Formação não só contribuiu para desenvolver o TK dos futuros professores, como que também criou oportunidades para que os futuros professores experimentassem esse TK em situações concretas como a resolução de tarefas matemáticas com recurso à tecnologia e a planificação de aulas que integram o uso de ferramentas tecnológicas.

A Experiência de Formação também permitiu aproximar os futuros professores à realidade escolar ao integrar a tecnologia na sala de aula de Matemática (Llinares, 2007), através das tarefas que promoveram a análise, resolução e elaboração de tarefas matemáticas com recurso à tecnologia, tarefas que, suportadas num dos princípios de design, visavam *problematizar situações de ensino e aprendizagem da Matemática quando se integra a tecnologia na sala de aula*.

Os resultados evidenciam que, assim como noutros estudos (Akkaya, 2016; Agyei & Voogt, 2015; Niess et al., 2009; Tatar et al., 2018), os participantes deste estudo manifestaram algumas dificuldades na planificação de situações de ensino e aprendizagem da Matemática. Porém os futuros professores conseguiram fazer previsões de possíveis estratégias de resolução e dificuldades dos alunos em tarefas que integram o uso de recursos tecnológicos. As suas experiências pessoais no uso de recursos tecnológicos para resolver tarefas matemáticas, permitiu que os futuros professores posteriormente transferissem esse conhecimento adquirido para planificar situações de ensino e aprendizagem que integrem a tecnologia (Niess & Gillow-Wiles, 2014).

As estratégias metodológicas seguidas durante a implementação das tarefas da Experiência de Formação também contribuíram de diferentes formas para desenvolver o TPACK dos futuros professores. Por exemplo, com base no princípio de design definido para *promover a criação e divulgação de espaços dedicados à reflexão e partilha de conhecimentos dentro e fora da sala de aula, utilizando recursos tecnológicos*, a Experiência de Formação contribuiu na consolidação coletiva dos conhecimentos

mobilizados pelos futuros professores durante a resolução das tarefas. Deste modo, a Experiência de Formação promoveu a reflexão por parte dos futuros professores, a qual teve um impacto positivo no conhecimento que estava a ser desenvolvido (Llinares & Krainer, 2006). Outra estratégia adotada na implementação da Experiência de Formação foi a resolução a pares das tarefas, tendo os resultados evidenciado que esta organização contribuiu para desenvolver o TPACK dos futuros professores de forma colaborativa, confirmando o que se identificou noutros estudos (Agyei & Voogt, 2012; Niess & Gillow-Wiles, 2014), em que os futuros professores adquiriram habilidades de integração da tecnologia durante os trabalhos colaborativos.

Além disso, o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores também foi verificado nas habilidades e competências que os futuros professores reforçaram ao longo da Experiência de Formação associadas aos princípios e normas que orientam a integração da tecnologia na formação inicial de professores (ISTE, 2008; UNESCO, 2008). Por exemplo, os resultados mostram que os futuros professores foram capazes de: ter um pensamento crítico e reflexivo sobre a integração da tecnologia na escola, aumentar o seu interesse e curiosidade sobre o uso de ferramentas tecnológicas para o ensino e a aprendizagem da Matemática, identificar as potencialidades de ferramentas tecnológicas específicas e a sua aplicabilidade na Educação Matemática e ter uma atitude de perseverança e confiança na integração da tecnologia no ensino e aprendizagem da Matemática.

Finalmente, como resultado da reflexão feita como investigador, à luz dos resultados obtidos, e como formador, tendo por base a minha experiência na sala de aula durante os dois ciclos de experimentação, considero que uma das principais limitações da Experiência de Formação no desenvolvimento do TPACK dos futuros professores foi a de não ter sido possível consolidar o conhecimento sobre a gestão curricular dos recursos em sala de aula, sobre estratégias de ensino diversificadas para integrar eficientemente a tecnologia e sobre a adaptação das estratégias de avaliação quando se integra a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. A este respeito, concluo que, face às características e objetivos da unidade curricular de DMII onde foi inserida esta Experiência de Formação, houve limitações em promover uma tarefa que solicitasse aos futuros professores implementarem uma aula com recurso à tecnologia numa sala de aula do 3.º ciclo do ensino básico ou do ensino secundário. Pelo que considero que para contrapor

esta limitação, a Experiência de Formação deveria oferecer oportunidades para que os futuros professores não só planifiquem situações de ensino e aprendizagem, mas que também dinamizem essas situações dentro da sala de aula como práticas de micro-ensino (Akkaya, 2016; Niess & Gillow-Wiles, 2014), onde os futuros professores podem lecionar uma aula com tecnologia aos seus colegas. Pois “é importante que os futuros professores tenham mais oportunidades de entrar em contato com experiências concretas de uso da tecnologia com os alunos e, desejavelmente, de levarem os seus planos à prática, refletindo sobre a sua implementação em sala de aula” (Oliveira, Henriques & Gutiérrez-Fallas, 2018, p. 441).

Outra forma de aproximar os futuros professores à realidade do professor quando se integra a tecnologia na sala de aula é através da análise de vídeos que contemplem episódios de sala de aula. Este método tem sido alvo de análise noutros estudos (Canavarro, 2013; Oliveira, Canavarro, & Menezes, 2014) que defendem o uso de vídeos na formação de professores. Neste caso, seria enriquecedor utilizar vídeos que mostrem a prática profissional de um professor de Matemática quando leciona uma aula que integra o uso de alguma ferramenta tecnológica, com o intuito de que isso contribua para o desenvolvimento e consolidação do conhecimento sobre as estratégias de ensino, para a gestão curricular dos recursos na sala de aula e para as estratégias de avaliação quando se integra a tecnologia.

9.3. Considerações finais

A realização deste estudo, inserida na minha formação profissional no doutoramento em Didática da Matemática, consolidou-se como uma fase significativa e de grande valor em termos da aprendizagem que adquiri ao longo deste processo de investigação. Foi um período muito pertinente para o meu percurso pessoal e académico e caracterizou-se pela constante planificação, experimentação, análise e reflexão de diversas ações que caracterizam o fazer investigação, como por exemplo: análise da literatura; planificação da metodologia de investigação; preparação, experimentação e análise da Experiência de Formação.

Primeiramente, como investigador na área da Didática da Matemática, tive a possibilidade de refletir sobre a integração da tecnologia na Educação Matemática,

nomeadamente na formação inicial de professores de Matemática. Este processo de reflexão, suportado na minha própria experiência profissional, assim como na literatura consultada, levou-me a levantar questões associadas à problemática do conhecimento profissional do professor necessário para integrar de forma efetiva a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática. Deste modo, desde a formulação dessas questões e até à formulação das suas respostas, fui levado a mergulhar num mar de dados com o propósito de analisar o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores de Matemática, do 3.º ciclo do ensino básico e do ensino secundário, através de uma Experiência de Formação.

Assim, este estudo permitiu-me experienciar as diversas fases de uma investigação de nível doutoral: formulação de questões de investigação, elaboração de um plano de investigação, revisão de literatura, seleção da metodologia que mais se ajusta às características e objetivos do estudo, definição dos procedimentos e elaboração dos instrumentos para a recolha de dados. Além disso, permitiu-me sentir as dificuldades intrínsecas à realização de uma investigação. Neste sentido, as experiências que considero terem sido as mais complexas ao longo do estudo estão relacionadas com a organização e a análise de dados, de forma a extrair os resultados mais significativos para o estudo e a apresentá-los de modo que facilitasse a leitura da informação e a resposta às questões inicialmente estabelecidas. Considero também oportuno salientar que a própria abordagem metodológica seguida nesta investigação (Investigação Baseada em Design – IBD) constituiu uma importante opção de aprendizagem, como também um desafio. Ao mesmo tempo que aprofundei o meu conhecimento sobre este tipo de design metodológico, foi um desafio como investigador seguir os princípios e características essenciais que descrevem uma IBD, nomeadamente a definição, verificação e refinamento dos princípios de design e da conjectura de formação e aprendizagem.

Numa outra perspetiva, como formador de professores de Matemática, suscitou-me particular interesse a leitura de várias e distintas investigações na área da formação inicial de professores de Matemática, que me ajudaram a refletir sobre o conhecimento profissional do professor de Matemática e como este conhecimento se desenvolve nos processos de formação inicial. Além disso, a articulação das várias posições teóricas sobre o desenvolvimento do conhecimento profissional do professor e sobre a integração da tecnologia na formação inicial de professores, ajudaram-me a estabelecer um quadro

teórico que suportou o design da Experiência de Formação. Semelhantemente, a realização do Estudo Exploratório e a análise dos dados recolhidos permitiu-me elaborar um quadro de análise do TPACK formado por quatro categorias de análise, que posteriormente foi refinado com subcategorias que emergiram durante a análise dos dados recolhidos nos dois ciclos de experimentação da Experiência de Formação.

Este estudo constituiu, sem dúvida, uma mais valia para o meu desenvolvimento profissional e académico, nomeadamente, o facto de participar ativamente numa sala de formação inicial de professores e coordenar o trabalho junto com a professora coordenadora da DMII, permitiu-me crescer como formador de professores. Esta experiência enriquecedora permitiu-me refletir sobre a realidade do sistema de formação inicial do meu país, Costa Rica, suscitando em mim o interesse e desejo de que através desta experiência eu possa contribuir para o melhoramento da formação inicial de professores de Matemática e o desenvolvimento do conhecimento necessário para integrar a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática – o TPACK. Enquanto formador, o meu olhar está hoje mais aprimorado, analisando o TPACK dos futuros professores através de quatro lentes específicas: (i) as suas conceções, (ii) o seu conhecimento sobre o currículo, (iii) o seu conhecimento sobre a aprendizagem dos alunos e (iv) o seu conhecimento sobre as estratégias de ensino.

Apesar dos resultados obtidos neste estudo não poderem ser generalizados a partir dos dois ciclos de design realizados, sendo que nem era esse o seu objetivo, considero que esta investigação contribui para o aumento do conhecimento sobre o TPACK dos futuros professores de Matemática, dada a escassez de estudos neste contexto. Este estudo caracteriza e descreve o perfil de futuros professores de Matemática, alunos de um curso de Mestrado no Ensino da Matemática, em relação aos suas conceções e conhecimentos mobilizados que evidenciam o desenvolvimento do TPACK. Assim como, mostra as principais dificuldades que os futuros professores têm para integrar efetivamente a tecnologia no ensino e na aprendizagem da Matemática.

Além disso, considero que os resultados aqui obtidos podem ser verificados noutras unidades curriculares. A preparação, experimentação e análise da Experiência de Formação definida neste estudo também pode ser útil para os formadores de professores levarem a cabo experiências semelhantes noutras unidades curriculares de natureza didática, dentro do mesmo curso de Mestrado no Ensino da Matemática do IE, ou noutros

cursos de formação inicial de professores de Matemática, pois como argumentam Niess e Gillow-Wiles (2014), é um desafio para os formadores de professores identificar e elaborar propostas de formação que promovam o desenvolvimento do TPACK dos futuros professores.

Tendo por base que, segundo Niess e Gillow-Wiles (2017), é desejável e expectável que os futuros professores se tornem professores capazes de integrar eficientemente a tecnologia na sua futura prática profissional, com o propósito de enriquecer o ensino e a aprendizagem da Matemática com as potencialidades que oferecem as distintas ferramentas tecnológicas, concluo que da mesma forma é desejável e expectável que os programas de formação inicial de professores integrem eficientemente a tecnologia nas distintas unidades curriculares. E conseqüentemente, que os formadores de professores estejam em constante atualização e pesquisa sobre as tecnologias disponíveis para a Educação Matemática e que, cada vez mais, as salas de formação de professores estejam bem equipadas com recursos tecnológicos acessíveis para os futuros professores os explorarem.

Finalmente, é importante referir que, deste estudo emergiram novas questões e princípios a considerar para investigações futuras. Em primeiro lugar, embora esta IBD tivesse envolvido a realização de dois ciclos completos, considero que um terceiro ciclo poderia incluir tarefas que promovessem, além da planificação de aulas, a implementação de aulas através de sessões de micro-ensino nas quais os futuros professores dinamizassem aulas que integram o uso de ferramentas tecnológicas. O propósito seria o de analisar o conhecimento que os futuros professores evidenciam associado à prática letiva (estratégias de ensino, gestão de sala de aula, avaliação das aprendizagens) quando lecionam uma aula com recurso à tecnologia. Por outro lado, tendo em consideração que num único semestre letivo é difícil obter dados que evidenciem uma evolução significativa deste conhecimento profissional (TPACK), considero que a realização de um estudo longitudinal, que vise compreender o desenvolvimento do TPACK de futuros professores de Matemática ao longo da sua formação inicial, poderá analisar melhor como evolui este conhecimento, tendo por base que os futuros professores podem “requerer mais tempo e experiências significativas durante a sua formação, para aprender a usar a tecnologia e transformar o ensino, criando oportunidades de aprendizagem para os alunos” (Oliveira, Henriques & Gutiérrez-Fallas, 2018, p. 440).

Numa outra perspectiva, tendo em conta a caracterização do TPACK, acredito que futuras investigações podem estudar a flexibilidade do TPACK de futuros professores de Matemática, isto é, compreender de que forma os futuros professores adaptam o seu TPACK em situações de ensino e aprendizagem da Matemática com recurso à tecnologia.

Por último, reconhecendo a responsabilidade dos programas de formação inicial de professores para oferecer oportunidades que permitam aos futuros professores desenvolver o TPACK, considero que seria relevante outros estudos analisarem de que forma o programa de formação inicial está a promover o desenvolvimento e consolidação do TPACK nas diferentes unidades curriculares. E, do mesmo modo, de que forma se poderia articular o trabalho realizado nas diferentes unidades curriculares, procurando consolidar o TK dos futuros professores e a sua articulação com o CK e o PK ao longo do curso profissional. Concluo, referindo-me à importância de estudos que analisem o TPACK dos formadores de futuros professores de Matemática, e que trariam, certamente, importantes contributos em relação à integração da tecnologia na formação inicial de professores de Matemática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agyei, D. D., & Voogt, J. M. (2015). Pre-service teachers' TPACK competencies for spreadsheet integration: Insights from a mathematics-specific instructional technology course. *Technology, Pedagogy and Education*, 24(5), 605–625.

Agyei, D. D., & Voogt, J. M. (2012). Developing technological pedagogical content knowledge in pre-service mathematics teachers through collaborative design. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(4), 547–564.

Akkaya, R. (2016). Research on the development of middle school mathematics pre-service teachers' perceptions regarding the use of technology in teaching mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(4), 861-879.

Albuquerque, C., Veloso, C., Rocha, I., Santos, L., Serrazina, L., & Nápoles, S. (2006). *A matemática na formação inicial de professores*. Lisboa: Associação de Professores de Matemática & Secção de Educação e Matemática da Sociedade Portuguesa de Ciências de Educação.

Amado, N., & Carreira, S. (2008). Utilização pedagógica do computador por professores estagiários de matemática - diferenças na prática na sala de aula. In A. P. Canavarro, D. Moreira & M. I. Rocha (Orgs.), *Tecnologias e Educação Matemática* (pp. 286-299). Lisboa: Secção de Educação Matemática da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação.

American Educational Research Association (AERA) (2011). Code of ethics. *Educational Researcher*, 40(3), 145-156.

Archambault, L. (2016). Exploring the use of qualitative methods to examine TPACK. In M. C. Herring, M. J. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators* (2nd ed., pp. 65-86). New York, NY: Routledge.

Association of Mathematics Teacher Educators (AMTE) (2006). *AMTE technology position statement: Preparing teacher to use technology to enhance the learning of mathematics*. Retrieved from <http://www.amte.net/publications>.

Association of Mathematics Teacher Educators (AMTE) (2017). *AMTE Standards for Preparing Teachers of Mathematics*. Retrieved from <http://www.amte.net/publications>.

Azcárate, P. (1999). El conocimiento profesional: naturaleza, fuentes, organización y desarrollo. *Quadrante*, 8, 111-137.

Azcárate, P. (2004). Los procesos de formación: En busca de estrategias y recursos. In E. Castro & E. de la Torre (Eds), *Actas del VIII Simposio de la SEIEM*. La Coruña: Universidade da Coruña.

Ball, D., Thames, M., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: what makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407.

Bardin, L. (2009). *Análise de conteúdo*. Coimbra: Edições 70, Grupo Almedina.

Beck, J. A., & Wynn, H.C. (1998). *Technology in teacher education: Progress along the continuum*. (Report No. EDO-SP-97-3). Washington, DC: Office of Educational Research and Improvement.

Becker, H., & Geer, B. (1957). Participant observation and interviewing: A comparison. *Human Organization*, 16(3), 28-35.

Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.

Bromme, R. (1994). Beyond subject matter: A psychological topology of teachers' professional knowledge. In R. Biehler, R. Sholz, R. Sträer, & B. Winkelmann (Eds.), *Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline* (pp. 73-88). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

Canavarro, A. (2003). *Práticas de ensino da Matemática: duas professoras, dois currículos*. Tese de doutoramento, Universidade de Lisboa, Portugal.

Canavarro, A. P. (2013). Um caso multimédia na formação inicial: contributos para o conhecimento sobre o ensino exploratório da Matemática. *Da Investigação às Práticas*, 3(2), 125–149.

Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2013). A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Educational Technology & Society*, 16(2), 31–51.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A. A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.

Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.

Confrey, J., & Lachance, A. (2000). Transformative teaching experiments through conjecture-driven research design. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 231-266). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Confrey, J., & Maloney, A. (2010). The construction, refinement, and early validation of the equipartitioning learning trajectory. In K. Gomez, L. Lyons, & J. Radinsky (Eds.), *Learning in the disciplines: Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences* (Vol. 1, pp. 968-975). Chicago, IL: International Society of the Learning Sciences.

Cooney, T. J. (1994). Research and teacher education: In search of common ground. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6), 608-636.

Costa, F. (Coord.), Peralta, H., Rodrigues, A., Dias, P., Osório, A. J., Gomes, M. J., Ramos, A., Ramos, J. L., Sebastião, L., Maio, V., Valente, L. (2008). *Competências TIC. Estudo de Implementação* (vol. I). Lisboa: GEPE-Ministério da Educação.

Coutinho, C. P. (2011). *Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas, teoria e prática*. Coimbra: Edições Almedina.

Denscombe, M. (2003). *The good research guide: For small-scale social research projects*. Buckingham: Open University Press.

Dewey, J. (1933). *How We Think* (3.^a ed.). Boston, DC: Heath & Company.

Earle, R. S. (2002). The integration of instructional technology into public education: Promises and challenges. *ET Magazine*, 42(1), 5-13.

Erickson, F. (1989). Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza. In M. Wittrock (Ed.), *La investigación de la enseñanza, II: Métodos cualitativos y de observación*. Madrid: Padiós Ibérica.

Estrela, M. (2014). Velhas e novas profissões, velhos e novos profissionalismos: tensões, paradoxos, progressos e retrocessos. *Investigar em Educação*, 2(2), 5-30.

Fisher, M. (2000). Computer skills of initial teacher education students. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 9(1), 109-123.

Flores, P. (1998). Formación de profesores de matemáticas como práctica docente y como campo de investigación. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 1-13, Retrieved from: <https://www.ugr.es/~pflores/textos/aRTICULOS/Investigacion/RevEdUGR.pdf>

Flores, M. A. (2015) Formação de professores: questões críticas e desafios a considerar. In Conselho Nacional de Educação, *Atas do Seminário Formação Inicial de Professores* (pp. 192-222). Lisboa: CNE. Retrieved from: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/52410/1/Flores%20texto%20Atas%20CNE.pdf>

Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. (2006). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (8th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.

Geddis, A. N. (1993). Transforming subject matter knowledge: The role of pedagogical content knowledge in learning to reflect on teaching. *International Journal of Science Education*, 15(6), 673-683.

Ghiglione, R., & Matalon, B. (1993). *O Inquérito – teoria e prática*. Oeiras: Celta Editora.

Gómez, P. (2007). *Desarrollo del conocimiento didáctico en un plan de formación inicial de profesores de matemáticas de secundaria*. Tese de doutoramento, Universidad de Granada, España.

Gómez, P., & Rico, L. (2004). *Integration of didactical knowledge and mathematical content knowledge in pre-service teacher training*. Comunicação apresentada no ICME 10. Copenhagen, Dinamarca. Retrieved from <http://funes.uniandes.edu.co/382/1/GomezP04-2735.PDF>.

Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. In J. Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.). *Educational design research* (pp. 17-51). London: Routledge.

Grossman, P. L. (1989). A study in contrast: Sources of pedagogical content knowledge for secondary English. *Journal of Teacher Education*, 40(5), 24–31.

Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York, NY: Teachers College Press.

Gutiérrez-Fallas, L. F., & Henriques, A. (2018). O TPACK de futuros professores na adaptação de tarefas matemáticas. In A. Pedro, J. Piedade, J. F. Matos, N. Dorotea, & N. Pedro (Eds.). *Atas do V Congresso Internacional das TIC na Educação* (pp. 553-565). Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Harris, J., Grandgenett, N., & Hofer, M. (2010). Testing a TPACK-based technology integration assessment rubric. In C. D. Maddux (Ed.), *Research highlights in technology and teacher education* (pp. 323-331). Chesapeake, VA: Society for Information Technology & Teacher Education (SITE).

Henriques, A. & Gutiérrez-Fallas, L. F. (2017). Prospective mathematics teachers' beliefs and TPACK for teaching statistics. In L. Gómez Chova, A. López Martínez, & I. Candel Torres (Eds.), *Proceedings of 11th International Technology, Education and Development Conference - INTED 2017* (pp. 7194-7203). Valencia: IATED Academy.

Hiebert, J., Morris, A. K., & Glass, B. (2003). Learning to learn to teach: An “experiment” model for teaching and teacher preparation in mathematics. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 6, 201-222.

Hill, H. C., Rowan, B., & Ball, D. L. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371- 406.

Hill, H., & Ball, D. (2009). The curious and crucial case of mathematical knowledge for teaching. *Phi Delta Kappan*, 91(2), 68-71.

Huang, R., & Zbiek, R. M. (2017) Prospective secondary mathematics teacher preparation and technology. In M. E. Strutchens, R. Huang, L. Losano, D. Potari, J. P. Ponte, M. C. Cyrino, & R. M. Zbiek (Eds.), *The mathematics education of prospective secondary teachers around the world* (pp. 17-23). DOI: 10.1007/978-3-319-38965-3_4

International Society for Technology in Education (ISTE) (2008). *ISTE Standards Teachers*. Retrieved from: https://id.iste.org/docs/pdfs/20-14_ISTE_Standards-T_PDF.pdf

Jackson, C., Mohr-Schroeder, M., Cavalcanti, M., Albers, S., Poe, K., Delaney, A., Chadd, E., Williams, M., & Roberts, T. (2018). Prospective mathematics teacher preparation: Exploring the use of service learning as a field experience. *Fields Mathematics Education Journal*, 3(5), 1-21.

Jaworski, B. (2002). Layers of learning in initial teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 5(2), 89-92.

Kilpatrick, J. (2003). Promoting the proficiency of U.S. mathematics teachers through centers of learning and teaching. In R. Strässer, G. Brandell & B. Grevholm (Eds.), *Educating for the future, Proceedings of an International Symposium on Mathematics Teacher Education* (pp. 143-157). Göteborg: Royal Swedish Academy of Sciences.

Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. In J. Spector, M. Merrill, J. Elen, M. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 101-111). New York, NY: Springer.

Koehler, M., Shin, T. S., & Mishra, P. (2012). How do we measure TPACK? Let me count the ways. In R. N. Ronau, C. R. Rakes, & M. L. Niess (Eds), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches* (pp. 16-31). Hershey, PA: IGI Global.

Krumsvik, R. J. (2014). Teacher educators' digital competence. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 58(3), 269-280.

Lee, C. J., & Kim, C. (2014). The second prototype of the development of a technological pedagogical content knowledge based instructional design model: An implementation study in a technology integration course. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 14(3), 297-326.

Lee, H., & Hollebrands, K. (2011). Characterising and developing teachers' knowledge for teaching statistics with technology. In C. Batanero, G. Burrill, C. Reading & A. Rossman (Eds.), *Proceedings of the Joint ICMI/IASE Study on Statistics Education in School Mathematics: Challenges for teaching and teacher education* (pp. 359-369). Monterrey, Mexico: ITESM.

Leung, A. (2011). An epistemic model of task design in dynamic geometry environment. *ZDM-The International Journal on Mathematics Education*, 43, 325–336.

Leung, A. (2017). Exploring techno-pedagogic task design in the mathematics classroom. In A. Leung & A. Baccaglini-Frank (Eds.), *Digital technologies in designing mathematics education tasks: Potential and pitfalls* (pp. 3–16). Cham: Springer.

Liljedahl, P., Durand-Guerrier, V., Winsløw, C., Bloch, I., Huckstep, P., Rowland, T., Thwaites, A., Grevholm, B., Bergsten, C., Adler, J., Davis, Z., Garcia, M., Sánchez, V., Proulx, J., Flowers, J. Rubenstein, R., Grant, T., Kline, K., Moreira, P., David, M., Opolot-Okurut, C., & Chapman, O. (2009). Components of mathematics teacher training. In R. Even, & D. L. Ball (Eds), *The professional education and development of teachers of mathematics* (pp. 25-34). New York, NY: Springer.

Llinares, S. (1998). Aprender a enseñar Matemática en la enseñanza secundaria: Relación dialéctica entre el conocimiento teórico y práctico. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 32, 117-127.

Llinares, S. (2007). *Formación de profesores de matemáticas. Desarrollando entornos de aprendizaje para relacionar la formación inicial y el desarrollo profesional*. Conferencia invitada en la XIII Jornadas de Aprendizaje y Enseñanza de las Matemáticas – JAEM. Granada, España.

Llinares, S. (2008). Construir el conocimiento necesario para enseñar matemática: prácticas sociales y tecnología. *Evaluación e Investigación*, 1(3), 7-30.

Llinares, S. (2013). Professional noticing: a component of the mathematics teacher's professional practice. *SISYPHUS Journal of Education*, 1(3), 76-93.

Llinares, S., & Krainer, K. (2006). Mathematics (student) teachers and teacher educators as learners. In A. Gutiérrez, P. Boero (Eds.), *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future* (pp. 429-459). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.

Maltempi, M. V., & Mendes, R. O. (2016). Tecnologias digitais em sala de aula: por que não? In Pedro, N. et al. (Orgs.). *Atas do IV Congresso Internacional das TIC na Educação* (pp. 86-96). Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Maneira, S., & Gomes, M. J. (2017). A disseminação do TPACK em eventos científicos em Portugal. In Gomes, M. J., Osório, A. J., & Valente, A. L. (Orgs.). *Atas do X Congresso Internacional das TIC na Educação – Challenges 2017* (pp. 1469-1487). Braga: Universidade de Minho.

Martinez, R., Leite, C., & Monteiro, A. (2015). Os desafios das TIC para a formação inicial de professores: uma análise de agenda internacional e suas influências nas políticas portuguesas. *Revista Crítica Educativa*, 1(1), 21-40.

McCloskey, A., & Norton, A. (2008). Teaching experiments and professional development. *Journal of Mathematics Teacher Educators*, 11, 285-305.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). Introducing TPACK. In AACTE Committee on Innovation & Technology (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge for educators* (pp. 3–29). New York, NY: Routledge.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teachers' knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.

Mouza, C. (2016). Developing and accessing TPACK among pre-service teachers: A synthesis of research. In M. C. Herring, M. J. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators* (2nd ed., pp. 169-190). New York, NY: Routledge.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.

National Council of Teachers of Mathematics. (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. Reston, VA: Author.

Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509–523.

Niess, M. L. (2012a). Rethinking pre-service mathematics teachers' preparation: technological, pedagogical and content knowledge (TPACK). In D. Polly, C. Mims, & K. Persichitte (Eds.), *Developing technology-rich, teacher education programs: Key issues* (pp. 316–336). Hershey, PA: IGI Global.

Niess, M. L. (2012b). Teacher knowledge for teaching with technology: A TPACK lens. In R. N. Ronau, C. R. Rakes, & M. L. Niess (Eds.), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches* (pp. 1-15). Hershey, PA: IGI Global.

Niess, M. L. (2013). Central component descriptors for levels of technological pedagogical content knowledge. *Educational Computing Research*, 48(2) 173-198.

Niess, M. L., Ronau, R. N., Shafer, K. G., Driskell, S. O., Harper S. R., Johnston, C., Browning, C., Özgün-Koca, S. A., & Kersaint, G. (2009). Mathematics teacher TPACK standards and development model. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 4-24.

Niess, M., & Gillow-Wiles, H. (2014). Transforming Science and Mathematics Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge Using a Learning Trajectory Instructional Approach. *Journal of Technology and Teacher Education*, 22(4), 497-520.

Niess, M., & Gillow-Wiles, H. (2017). Expanding teachers' technological pedagogical reasoning with a systems pedagogical approach. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3), 77-95.

Nóvoa, A. (2007). O Regresso dos professores. In Conferência Desenvolvimento Profissional de Professores para a Qualidade e para a Equidade da Aprendizagem ao longo da Vida (pp. 21-28). Lisboa: Ministério da Educação e Ciência (Direcção-Geral dos Recursos Humanos da Educação).

Oliveira, H., & Serrazina, L. (2002). A reflexão e o professor como investigador. In GTI (Ed.), *Reflectir e investigar sobre a prática profissional* (pp. 30-42). Lisboa: Associação de Professores de Matemática.

Oliveira, H., Canavarro, A. P., & Menezes, L. (2014). Casos multimédia na formação de professores que ensinam Matemática. In J. P. P (Org.), *Práticas Profissionais de Professores* (pp.429-461). Lisboa: Instituto de Educação, Universidade de Lisboa.

Oliveira, H., Henriques, A., & Gutiérrez-Fallas, L. F. (2018). A integração da tecnologia na planificação de aulas na perspectiva do ensino exploratório: um estudo com futuros professores de Matemática. *PERSPECTIVA*, 36(2), 421-446.

Pajares, F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(39), 307-332.

Ponte, J. P. (1994). O estudo de caso na investigação em Educação Matemática. *Quadrante*, 3(1), 3-18.

Ponte, J. (2011). Preparing teachers to meet the challenges of statistics education. In C. Batanero, G. Burrill, & C. Reading (Eds), *Teaching statistics in school mathematics- Challenges for teaching and teacher education: A Joint ICMI/IASE Study* (pp. 3-7). New York, NY: Springer.

Ponte, J. P. (2000). Tecnologias de informação e comunicação na formação de professores: Que desafios? *Revista Ibero-Americana de Educação*, 24, 64-90.

Ponte, J. P. (2012). Estudiando el conocimiento y el desarrollo profesional del profesorado de matemáticas. *Teoría, crítica y práctica de la educación matemática*, 41, 83-98.

Ponte, J. P. (2014). Formação do professor de Matemática: Perspetivas atuais. In J. P. Ponte (Ed.), *Práticas profissionais dos professores de Matemática* (pp. 351-368). Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Ponte, J. P., & Chapman, O. (2006). Mathematics teachers' knowledge and practices. In A. Gutierrez & P. Boero (Eds.), *Handbook of research on the psychology of mathematics education: Past, present and future* (pp. 461-494). Rotterdam, The Netherlands: Sense.

Ponte, J. P., & Chapman, O. (2008). Preservice mathematics teachers' knowledge and development. In L. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (2nd ed, pp. 225–263). New York, NY: Routledge.

Ponte, J. P., Carvalho, R., Mata-Pereira, J., & Quaresma, M. (2016). Investigação baseada em design para compreender e melhorar as práticas educativas. *Quadrante*, 25(2), 77-98.

Rocha, H. (2010). Ensinar Matemática com a tecnologia: uma nova conceptualização do conhecimento e das etapas subjacentes ao seu desenvolvimento. In Costa, F. A. (Orgs.), *Atas do I Encontro Internacional das TIC em Educação* (pp. 121-126). Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Santos, L., Moreira, D., Menezes, L., Oliveira, I., Ponte, J. P., Martins, C., Guerreiro, A., Cunha, H., Duarte, J., Martinho, H., Pinto, H., Menino, H., Manuel, J., Veia, L., Viseu, F., & Rodrigues, M. (2008). Conhecimento profissional do jovem professor de Matemática sobre os alunos. *Revista de Educação*, 16(2), 33-64.

Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): The Development and Validation of an Assessment Instrument for Preservice Teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123-149.

Schoenfeld, A. H. (2010). *How we think*. New York, NY: Routledge.

Schön, D. (1983). *The reflective practitioner*. New York, NY: Basic Books.

Serrazina, L. (2012). Conhecimento matemático para ensinar: papel da planificação e da reflexão na formação de professores. *Revista Eletrônica de Educação*, 6(1), 266-283.

Retrieved from:
<http://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/viewFile/355/162>.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.

Simon, M. A. (1997). Developing new models of mathematics teaching: An imperative for research on mathematics teacher development. In E. Fennema & B. S. Nelson (Eds.), *Mathematics teachers in transition* (pp. 55-86). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Simon, M. (2008). The challenge of mathematics teacher education in the area of mathematics education reform. In B. Jaworski, & T. Wood (Eds.), *International Handbook of Mathematics Teacher Education, The Mathematics Teacher Educator as a Developing professional* (vol. 4, pp. 17-29). Rotterdam, The Netherlands: Sense.

Simon, M. (2006). Pedagogical concepts as goals for teacher education: Towards an agenda for research in teacher development. In S. Alatorre, J. L. Cortina, M. Sáiz, & A. Méndez (Eds.), *Proceedings of the 28th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (vol. 2, pp. 730-735). Mérida, Mexico: Universidad Pedagógica Nacional.

Stake, R. (2012). *A arte da investigação com estudos de caso* (3.^a ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Swars, S. L., Smith, S. Z., Smith, M. E., & Hart, L. C. (2009). A longitudinal study of effects of a developmental teacher preparation program on elementary prospective teachers' mathematics beliefs. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 12, 47–66.

Tatar, E., Aldemir, R., & Niess, M. (2018). Teaching geometry in the 21st century: investigating teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge levels. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 37(2), 111-129.

Thompson, A. G. (1992). Teacher's beliefs and conceptions: A synthesis of the research. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 127-146). New York, NY: Macmillan.

UNESCO. (2008). *ICT Competency Standards for Teachers. Policy Framework*. Paris: UNESCO.

Viseu, F. (2008). *A formação do professor de Matemática, apoiada por um dispositivo de interação virtual no estágio pedagógico*. Tese de Doutoramento, Universidade Lisboa, Portugal.

Viseu, F., & Ponte, J. P. (2009). Desenvolvimento do conhecimento didático do futuro professor de Matemática com apoio das TIC. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 12(3), 383-413.

Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299–321.

White, A. L., Jaworski, B., Agudelo-Valderrama, C., & Gooya, Z. (2012). Teachers learning from teachers. In *Third international handbook of mathematics education* (pp. 393-430). New York, NY: Springer.

Willermark, S. (2017). Technological pedagogical and content knowledge: A review of empirical studies published from 2011 to 2016. *Journal of Educational Computing Research*, 1–29.

ANEXOS

Anexo 1 – Entrevista Final (2.º ciclo de experimentação)

Expectativas iniciais

1. O quê esperava aprender sobre tecnologia na UC de DMII? Esta expectativa foi cumprida?

Se não, porquê?

Se sim, que aprendizagens salienta?

2. Antes de iniciar esta UC, considerava ser capaz de planificar situações de ensino e aprendizagem que integrassem tecnologia? E agora, sente-se (ainda mais) confiante para o fazer?

Se sim, o quê pode ter contribuído para esta alteração?

Se não, porquê? Como pode melhorar a sua capacidade de integrar a tecnologia nas suas planificações?

Sobre a experiência de formação

3. Em que medida os recursos tecnológicos explorados (software, applets, e-portefólio, calculadora) foram os mais úteis para a sua formação com professor de Matemática? Porquê? Há ainda algum outro recurso que gostava de ter tido a oportunidade de explorar?

4. Dos recursos tecnológicos explorados, em quais se sente mais capacitado para usar e aplicar no ensino e aprendizagem da Matemática? Quais precisa de explorar ainda mais?

5. Quais foram os principais desafios/dificuldades que teve durante a realização de tarefas que integravam o uso da tecnologia?

6. Considera que a sua experiência pessoal na realização de tarefas que integravam alguma das tecnologias e as discussões reflexivas em que participou ao longo da UC, influenciaram as suas ideias/concepções sobre a tecnologia e contribuíram para o seu uso no ensino e na aprendizagem da Matemática? De que forma?

7. Considera que a formação na UC, nomeadamente a experiência na resolução de tarefas que integram a tecnologia, contribuiu no desenvolvimento do seu conhecimento profissional para integrar efetivamente a tecnologia na planificação de situações de ensino e aprendizagem na sala de aula? Porquê?

8. Quais aspetos poderiam ser melhorados na formação (na UC) para que esta contribuição seja ainda maior?

Experiências futuras

9. Qual ou quais dos recursos tecnológicos explorados são mais prováveis usar na sua futura prática profissional como docente de Matemática? Porquê?

10. Para planificar e implementar uma aula com tecnologia, considera que é suficiente ter conhecimento sobre a tecnologia que deseja usar?

Se sim, porquê?

Se não, que outro conhecimento deve mobilizar o professor para integrar eficientemente a tecnologia na sala de aula?

11. Quais os principais desafios que antecipa para a sua futura prática de ensino quando pretender integrar algum recurso tecnológico no trabalho em sala de aula?

Anexo 2 – Questionário Inicial ⁷ (1.º e 2.º ciclo de experimentação)

Escala baseada no modelo TPACK para futuros professores, estruturada a partir de Yurdakul, Odabasi, Kilicer, Coklar, Birinci, Kurt, 2011⁸

		Discordo totalmente	Discordo	Não discordo, nem concordo	Concordo	Concordo totalmente
1	Consigo adaptar materiais didáticos (em papel, eletrônicos, multimídia, etc.) de acordo com diferentes necessidades (de estudantes, ambiente, duração) utilizando tecnologias.					
2	Consigo utilizar tecnologias para determinar as necessidades dos alunos relacionadas com as diferentes áreas científicas					
3	Consigo utilizar tecnologias para desenvolver atividades baseadas nas necessidades dos alunos, de forma a enriquecer o processo de ensino-aprendizagem					
4	Consigo planificar o processo de ensino-aprendizagem recorrendo a recursos e ferramentas tecnológicas disponíveis					
5	Consigo fazer o levantamento de necessidades relativamente a que tecnologias utilizar no processo de ensino-aprendizagem para melhorar a qualidade de ensino					
6	Consigo otimizar a duração das aulas recorrendo à utilização de tecnologias (softwares educacionais, laboratórios virtuais, etc.)					
7	Consigo desenvolver mecanismos de avaliação utilizando tecnologias					
8	Consigo combinar diferentes métodos, técnicas e tecnologias avaliando qual o seu contributo para a apresentação de conteúdos de forma mais eficaz					

⁷ Desenvolvido no Projeto *Technology Enhanced Learning at Future Teacher Education Lab* (IE-UL)

⁸ Yurdakul, I., Odabasi, H., Kilicer, K., Coklar, A., Birinci, G. & Kurt, A. (2012). The development, validity and reliability of TPACK-deep: A technological pedagogical content knowledge scale. *Computers & Education*, 58, 3, pp. 964-977. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131511002569>

9	Consigo utilizar a tecnologia para desenhar materiais apropriados a um processo de ensino-aprendizagem eficiente					
10	Consigo organizar a minha sala de aula de forma a utilizar tecnologias apropriadamente					
11	Consigo implementar uma gestão de sala de aula eficaz nos processos de ensino-aprendizagem quando utilizo tecnologias					
12	Consigo avaliar se os alunos têm conhecimento científico adequado recorrendo às tecnologias					
13	Consigo utilizar métodos e abordagens apropriados às diferenças individuais de cada aluno recorrendo às tecnologias					
14	Consigo utilizar as tecnologias para implementar atividades educativas diversas como trabalhos de casa, projetos, etc.					
15	Consigo utilizar ferramentas de comunicação (blog, fóruns, chat, email, etc.) nos processos de ensino-aprendizagem					
16	Consigo utilizar tecnologias para avaliar os resultados académicos em conteúdos específicos					
17	Consigo ser um exemplo para os meus alunos seguirem no que concerne à utilização ética das tecnologias					
18	Consigo guiar os meus alunos no desenvolvimento de conteúdos multimédia e tecnológicos (apresentações, jogos, filmes, etc.)					
19	Consigo utilizar tecnologias inovadoras como suporte ao processo de ensino-aprendizagem					
20	Consigo utilizar tecnologias para manter o meu conhecimento e as minhas competências atualizadas na área científica em que irei ensinar					
21	Consigo manter atualizados os conhecimentos tecnológicos necessários aos processos de ensino					
22	Consigo utilizar as tecnologias para manter os meus conteúdos científicos atualizados					
23	Consigo garantir igual acesso às tecnologias a todos os alunos					

24	Consigo ter comportamentos éticos na aquisição e na utilização de informação sensível e privada a ser utilizada numa determinada área (gravações de áudio, vídeo, etc.)					
25	Consigo utilizar tecnologias em todos os momentos do processo de ensino-aprendizagem, considerando os direitos autorais					
26	Consigo seguir os códigos de ética inerentes à profissão docente em ambientes educativos online (e.g. Moodle)					
27	Consigo orientar os meus alunos levando-os a fontes de conhecimento válidas e confiáveis					
28	Consigo comportar-me eticamente em relação à utilização de tecnologias em ambientes educativos					
29	Consigo resolver problemas que possam ser encontrados em ambientes educativos online (e.g. Moodle)					
30	Consigo resolver quaisquer problemas que possam ocorrer em qualquer fase do processo de ensino-aprendizagem					
31	Consigo utilizar tecnologias para encontrar soluções para diferentes problemas					
32	Consigo ser líder para a minha futura comunidade educativa no que concerne ao uso das tecnologias					
33	Consigo colaborar com outras áreas científicas em relação à utilização das tecnologias de forma a resolver problemas nos processos de apresentação de conteúdos					

Anexo 3 – Questionário Final

Questionário Final (1.º ciclo de experimentação)

Caro(a) mestrando,

Este questionário insere-se no âmbito do trabalho de doutoramento que estou a realizar no Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Destina-se a recolher dados sobre as suas aprendizagens adquiridas durante a sua experiência de formação na DMII. Assim, solicito que responda às questões apresentadas. A sinceridade nas respostas será muito apreciada pelo que garanto o anonimato e a confidencialidade das respostas. Estimo que necessite de 10 minutos para o fazer.

Agradeço a sua colaboração e disponibilidade, indispensáveis para a realização desta investigação.

Lisboa, XX, XX, 2017

Luis Fabián Gutiérrez-Fallas (luis.gutierrez@campus.ul.pt)

Informação geral

Nome:

Idade

(anos):

Curso
Licenciatura

de

Formação no âmbito da Tecnologia (assinale com **X** todos os itens que se apliquem ao seu caso)

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

Nenhuma

Integrada no curso de formação inicial

Integrada num curso de pós-graduação(mestrado)

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

Autoformação (com ajuda de amigos ou colegas)

Formação em cursos extracurriculares

Assinale com **X** o número que melhor traduz a sua opinião: **1. Totalmente em desacordo**
5. Totalmente de acordo

Comentários: (pode incluir aqui alguns comentários ou reflexões que queira partilhar relativamente aos aspetos que foram foco das questões acima, usando o espaço que precisar)

Muito obrigado pela sua colaboração!

Questionário Final (2.º ciclo de experimentação)

Este questionário insere-se no âmbito do trabalho de doutoramento que estou a realizar no Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Destina-se a recolher dados sobre as suas aprendizagens adquiridas durante a sua experiência de formação na DMII. Assim, solicito que responda às questões apresentadas. A sinceridade nas respostas será muito apreciada pelo que garanto o anonimato e a confidencialidade das respostas. Estimo que necessite de 10 para o fazer.

Agradeço a sua colaboração e disponibilidade, indispensáveis para a realização desta investigação.

Lisboa, XX, XX, 2018

Luis Fabián Gutiérrez-Fallas (luis.gutierrez@campus.ul.pt)

Informação geral

Nome:

Idade

(anos):

Curso
Licenciatura

de

Formação no âmbito da Tecnologia *(assinale com X todos os itens que se apliquem ao seu caso)*

☐

Nenhuma

☐

Integrada no curso de formação inicial

☐

Integrada num curso de pós-graduação(mestrado)

☐


Autoformação *(com ajuda de amigos ou colegas)*

☐

Formação em cursos extracurriculares

Assinale com **X** o número que melhor traduz a sua opinião: **1. Totalmente em desacordo**
5. Totalmente de acordo

Comentários: (pode incluir aqui alguns comentários ou reflexões que queira partilhar relativamente aos aspetos que foram foco das questões acima, usando o espaço que precisar)



283

Anexo 4 – Pedido de consentimento para participação do estudo

Pedido de colaboração

Caro mestrando

No âmbito da tese de doutoramento em Didática da Matemática que estou a desenvolver no Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, venho solicitar a sua colaboração na investigação que irei realizar com o objetivo de compreender como se desenvolve o conhecimento para ensinar Matemática com recurso à tecnologia de futuros professores. Esta investigação é importante uma vez que os seus resultados podem contribuir para conceptualizar a formação inicial de professores.

A recolha de dados para esta investigação será realizada nas aulas de DMII, através de registo áudio e a partir de vários documentos produzidos neste contexto (tarefas e trabalhos individuais e de grupo), pelo que não antecipamos quaisquer riscos para si como consequência da sua participação na investigação nem será requerido trabalho adicional para além daquele que é habitual na UC. Ser-lhe-á apenas solicitado o preenchimento de um questionário online (anónimo) no início do semestre, o preenchimento de um questionário no final do semestre e também uma curta entrevista no final do semestre.

Os dados recolhidos serão apenas usados para fins de investigação e serão armazenados em local seguro, a que apenas o investigador terá acesso. Esta informação permanecerá totalmente confidencial e será garantido o anonimato dos participantes nas publicações científicas que venham a ser produzidas neste âmbito.

A sua participação nesta investigação é voluntária, pode sair do estudo em qualquer momento, sem qualquer consequência, mas requer o seu consentimento escrito. No entanto, a qualidade do estudo e o seu potencial para fornecer resultados fiáveis depende, em grande medida, da sua participação.

Grato pela sua participação.

Lisboa, XX, XX, XX

O investigador

Luis Fabián Gutiérrez-Fallas

Termo de aceitação

Eu _____ declaro que tomei conhecimento e aceito participar nesta investigação.

Lisboa, __ de _____ de 201__.

Assinatura: _____

Anexo 5 – Questionário do Estudo Exploratório

Caro(a) mestrando,

Este questionário insere-se no âmbito do trabalho de doutoramento que irei realizar no Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Destina-se a recolher dados sobre atitudes, utilização e conhecimento sobre Tecnologia⁹ pelos mestrandos em Ensino de Matemática. Assim, solicito que responda às questões apresentadas e me envie até **dia X de X** para o email luis.gutierrez@campus.ul.pt (em alternativa pode entregar na aula de DMII desse dia). A sinceridade nas respostas será muito apreciada pelo que garanto o anonimato e a confidencialidade das respostas. Estimo que necessite de 10 a 15 minutos para o fazer.

Agradeço a sua colaboração e disponibilidade, indispensáveis para a realização desta investigação.

Lisboa, X de X de 201X

Luis Fabián Gutiérrez-Fallas (luis.gutierrez@campus.ul.pt)

I PARTE

Informação geral

Nome:

Sexo: ☐ Masculino ☐ Feminino

Idade
(anos):

Formação no âmbito da Tecnologia (assinale com **X** todos os itens que se apliquem ao seu caso)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Nenhuma | <input type="checkbox"/> Autoformação (com ajuda de amigos ou colegas) |
| <input type="checkbox"/> Integrada no curso de formação inicial | <input type="checkbox"/> Formação em cursos extracurriculares |
| <input type="checkbox"/> Integrada num curso de pós-graduação(mestrado) | |

⁹A tecnologia é um conceito amplo que pode ter diversos significados. Neste questionário, Tecnologia refere-se a computadores e suas ferramentas, incluindo *software*, internet, calculadoras, etc.

Utilização da Tecnologia

Assinale com **X** o número que melhor traduz a sua opinião: **1. Nunca uso** **5. Uso sempre**

	1	2	3	4	5
1. Uso a Tecnologia na minha formação pós-graduada (mestrado), recorrendo ao correio eletrónico (email), para interagir com colegas e professores.					
2. Uso a Tecnologia na minha formação pós-graduada participando em fóruns de discussão (<i>moodle, fóruns, etc.</i>)					
3. Uso a Tecnologia em aplicações de processador de texto, folhas de cálculo ou para apresentações (<i>Word, PowerPoint, etc.</i>)					
4. Uso <i>software</i> para o ensino e a aprendizagem da Matemática (<i>Geogebra, TinkerPlots, Excel, etc.</i>)					
5. Uso a tecnologia para pesquisa na Internet (<i>bases de dados, repositórios, etc.</i>)					

Atitudes e percepções sobre a utilização da Tecnologia

Assinale com **X** o número que melhor traduz a sua opinião: **1. Totalmente em desacordo**
5. Totalmente de acordo

	1	2	3	4	5
1. Eu espero usar tecnologia na sala de aula, com regularidade, quando começar a ensinar.					
2. A tecnologia ajuda-me a fazer um trabalho melhor e de forma mais produtiva.					
3. Eu sinto-me apreensivo sobre o uso da tecnologia em sala de aula.					
4. Acredito que o uso da tecnologia na sala de aula pode melhorar a aprendizagem dos alunos.					
5. Eu vou gostar de usar tecnologia na sala de aula.					
6. Não me sinto confortável a usar tecnologia em sala de aula.					
7. A tecnologia permite-me fazer um trabalho mais interessante e criativo com os alunos.					
8. Eu prevejo algumas limitações no uso da tecnologia na sala de aula.					
9. A maioria das coisas para as quais a tecnologia é usada, também as posso fazer sem esse recurso.					
10. Eu consigo que a tecnologia faça o que eu quero.					
11. Eu preciso de uma pessoa experiente por perto quando uso o computador.					

II PARTE

Conhecimento tecnológico

Assinale com **X** o número que melhor traduz a sua opinião: **1. Totalmente em desacordo**
5. Totalmente de acordo

	1	2	3	4	5
1. Eu sei como resolver os meus próprios problemas técnicos.					
2. Eu mantenho-me atualizado em relação a novas tecnologias.					
3. Eu aprendo a usar tecnologia com facilidade.					
4. Quando me deparo com um problema no uso da tecnologia, procuro ajuda.					
5. Eu uso frequentemente ferramentas tecnológicas.					
6. Eu conheço uma grande diversidade de tecnologias.					
7. Eu tenho as habilidades técnicas que preciso para usar a tecnologia.					
8. Eu tenho tido oportunidades suficientes para trabalhar com diferentes tecnologias.					
9. Eu sei como fazer um plano de aula para promover a aprendizagem matemática dos alunos com tecnologia.					
10. Sou capaz de prever estratégias de resolução e dificuldades de aprendizagem dos alunos quando trabalham em Matemática com tecnologia.					
11. Eu sei como avaliar o desempenho dos alunos na realização de tarefas matemáticas que integram a tecnologia.					
12. Eu posso selecionar estratégias de ensino eficazes, que integrem a tecnologia, para orientar os alunos no seu raciocínio e na aprendizagem Matemática.					
13. Diferentes conceitos matemáticos não requerem diferentes estratégias de ensino.					
14. Eu tenho conhecimento sobre tecnologias que podem ser utilizadas para promover a compreensão da Matemática.					
15. Usando a tecnologia eu posso alterar significativamente a forma como os alunos compreendem conceitos da Matemática.					
16. Eu sou capaz de selecionar tecnologias que podem melhorar as estratégias de ensino na sala de aula.					
17. Eu sou capaz de selecionar tecnologias que podem melhorar a aprendizagem dos alunos na sala de aula.					
18. O meu programa de formação pós-graduada ajudou-me a pensar mais profundamente sobre como a tecnologia pode influenciar as estratégias de ensino a usar na sala de aula.					
19. Eu penso criticamente sobre como usar a tecnologia na sala de aula.					
20. Diferentes estratégias de ensino não exigem diferentes tecnologias.					

21. Eu tenho os conhecimentos técnicos que preciso para usar a tecnologia de forma adequada no ensino.					
22. Eu tenho conhecimento de gestão de sala de aula que me permite usar a tecnologia de forma adequada no ensino.					
23. As estratégias de ensino podem mudar quando eu uso tecnologias na sala de aula.					
24. Saber como usar uma determinada tecnologia é suficiente para poder usá-la no ensino.					
25. Diferentes tecnologias requerem diferentes estratégias de ensino.					
26. Eu conheço estratégias de ensino que articulam adequadamente a Matemática e a tecnologia.					
27. Eu conheço tecnologias que poderão ser usadas na sala de aula para melhorar o que eu ensino, como eu ensino, e a aprendizagem dos alunos.					
28. A integração da tecnologia no ensino da Matemática vai ser fácil e simples para mim.					

Comentários: (pode incluir aqui alguns comentários ou reflexões que queira partilhar relativamente aos aspetos que foram foco das questões, usando o espaço que precisar)

Muito obrigado pela sua colaboração!

Anexo 6 - Modelo de Desenvolvimento do TPACK do Professor de Matemática
(Niess et al., 2009)

CURRÍCULO E AVALIAÇÃO

C: Descritor do currículo A: Descritor de avaliação Ex: Exemplo de Matemática

Reconhecendo

C: Reconhece que as ideias Matemáticas exibidas com as tecnologias podem ser úteis para dar sentido aos tópicos abordados no currículo.

Ex: Cria gráficos de múltiplas funções lineares usando calculadoras gráficas para fornecer uma representação visual para inclinações variadas. Considera que esses elementos visuais fazem sentido para a ideia de inclinação, mas não tem certeza de como isso pode ajudar os alunos a aprender o conceito básico.

A: Resiste à ideia de uso de tecnologia na avaliação, indicando que a tecnologia interfere na determinação da compreensão dos alunos sobre a Matemática.

Ex: Não permite a utilização da calculadora ao avaliar a compreensão dos alunos sobre a resolução de equações lineares.

Aceitando

C: Exprime desejo, mas demonstra dificuldade em identificar tópicos no próprio currículo para incluir a tecnologia como uma ferramenta para a aprendizagem.

Ex: Participa de um workshop de Matemática em geometria dinâmica para identificar ideias curriculares para integrar as tecnologias como ferramentas de aprendizagem. Imita a incorporação de uma ideia de sistema de geometria dinâmica da oficina para exibir a medição da soma dos ângulos de um triângulo que, em várias mudanças do triângulo sugere que a soma dos ângulos de qualquer triângulo é de 180 graus.

A: Reconhece que pode ser apropriado permitir o uso de tecnologia como parte da avaliação, mas tem uma visão limitada de seu uso (ou seja, uso de tecnologia em uma seção de um exame).

Ex: Atende e participa de uma avaliação de Matemática de desenvolvimento profissional para considerar ideias para avaliar a compreensão dos alunos da resolução de sistemas de funções lineares usando a calculadora como uma ferramenta. Imita a ideia de avaliação para explicar o uso da calculadora para resolver sistemas de funções lineares usando a função de rastreamento para identificar a interseção. Muitas vezes recorre ao uso do papel e lápis para ter certeza de que o conceito foi aprendido o "caminho certo".

Adaptação

C: Entende alguns benefícios de integrar tecnologias apropriadas como ferramentas para o ensino e aprendizagem do currículo de Matemática.

Ex: Alvo tópicos-chave que os alunos investigam com tecnologia. Desenvolve lições para demonstrar conceitos de Matemática com tecnologia e atividades para que os alunos usem a tecnologia para verificar ou reforçar esses conceitos. Depois que os alunos aprenderam a criar gráficos de funções lineares específicas, os alunos são desafiados a usar a planilha para verificar a representação gráfica dos pares ordenados.

A: Entende que se a tecnologia é permitida durante as avaliações que diferentes questões / itens devem ser colocados (ou seja, conceituais versus conceitos processuais).

Ex: Permite usar a calculadora em uma avaliação, mas projeta a avaliação para se concentrar na compreensão conceitual dos alunos sobre a solução de sistemas de funções lineares, além de sua compreensão processual.

Explorando

C: Investiga o uso de tópicos no currículo próprio para incluir a tecnologia como uma ferramenta para a aprendizagem; Busca ideias e estratégias para implementar a tecnologia em um papel mais integral para o desenvolvimento da Matemática que os alunos estão aprendendo.

Ex: Adapta sua própria lição de Matemática para incluir tecnologia.

Ex: Desenvolve ideias próprias sobre o uso da tecnologia para aprimorar currículo atual; Assim, começa a alterar atividades preexistentes ou a criar novas atividades para currículo atual.

A: Investiga ativamente o uso de diferentes tipos de itens e questões de avaliação baseados em tecnologia (por exemplo, tecnologia ativa, inativa, neutra ou passiva).

Ex: Projetos de avaliação onde se espera que os alunos respondam e mostrem a sua compreensão das ideias Matemáticas usando uma tecnologia apropriada que se estende além do papel e lápis.

Avançando

C: Entende que a inovação sustentada na modificação do próprio currículo para integrar eficiente e efetivamente a tecnologia como ferramenta de ensino e aprendizagem é essencial.

Ex: Desenvolve maneiras inovadoras de usar a tecnologia para desenvolver o pensamento matemático nos alunos, como usar telhas de álgebra virtual.

Ex: Modifica e adota currículo para aproveitar a tecnologia como uma ferramenta para ensinar e aprender, como usar CAS para explorar expressões algébricas mais complexas.

A: Reflete e adapta as práticas de avaliação que examinam a compreensão conceitual dos alunos sobre o assunto de forma a exigir o pleno uso da tecnologia.

Ex: Desenvolve avaliações inovadoras para capturar os entendimentos dos alunos sobre a Matemática embutida na tecnologia específica.

APRENDIZAGEM

M: Descritor da aprendizagem da Matemática

P: Descritor da concepção sobre o pensamento do aluno

Ex: Exemplo de Matemática

Reconhecendo

M: Considera a Matemática como sendo aprendida de maneiras específicas e que a tecnologia muitas vezes fica no caminho da aprendizagem.

Ex: Exploração Matemática com tecnologia raramente vista.

P: Mais apto a aceitar a tecnologia como ferramenta de ensino do que como ferramenta de aprendizagem.

Ex: A tecnologia é usada apenas fora das atividades normais da sala de aula, como verificar a lição de casa, calcular números grandes, etc.

Aceitando

M: Tem preocupações sobre a atenção dos alunos sendo desviada da aprendizagem da Matemática apropriada para um foco na tecnologia nas atividades.

Ex: Limita o uso da tecnologia por parte dos alunos, particularmente durante a introdução e desenvolvimento de tópicos-chave.

P: Está preocupado que os alunos não desenvolvam habilidades de pensamento matemático apropriadas quando a tecnologia é usada como uma ferramenta de verificação para explorar a Matemática.

Ex: As atividades que usam a tecnologia são quase sempre refeitas sem a tecnologia para confirmar se realmente os alunos aprenderam o conceito particular.

Adaptação

M: Começa a explorar, experimentar e praticar a integração de tecnologias como ferramentas de aprendizagem da Matemática.

Ex: Os alunos exploram alguns tópicos de Matemática usando tecnologia.

P: Começa a desenvolver habilidades de pensamento matemático apropriadas quando a tecnologia é usada como uma ferramenta para a aprendizagem.

Ex: Embora os alunos usam a tecnologia para a maioria dos tópicos, avaliar o pensamento dos alunos permanece principalmente livre de tecnologia.

Explorando

M: Usa as tecnologias como ferramentas para facilitar a aprendizagem de tópicos específicos no currículo de Matemática.

Ex: Os alunos exploram vários tópicos usando tecnologia, às vezes variando fora do tópico em questão.

P: Planeia, implementa e reflete sobre o ensino e aprendizagem com a preocupação de orientar os alunos na compreensão.

Ex: As atividades de tecnologia são implementadas e avaliadas com relação à aprendizagem da Matemática e atitudes dos alunos em relação à Matemática.

Ex: Gerência atividades de tecnologia avançada para direcionar o engajamento dos alunos e auto-direção na aprendizagem da Matemática.

Avançando

M: Planeia, implementa e reflete sobre o ensino e aprendizagem com preocupação e convicção pessoal para o pensamento do aluno e compreensão da Matemática a ser reforçada através da integração das várias tecnologias.

Ex: Estudantes exploram tópicos de Matemática, integrando várias tecnologias em tentativas de compreender melhor conceitos matemáticos.

P: A integração da tecnologia é integral (e não ademais) para o desenvolvimento da Matemática que os alunos estão aprendendo.

Ex: Envolve os alunos em atividades de pensamento de alto nível (como projetos baseados e resolução de problemas e atividades de tomada de decisão) para aprender Matemática usando a tecnologia como uma ferramenta de aprendizagem.

Ex: A tecnologia é usada para desenvolver níveis avançados de compreensão de conceitos matemáticos.

ENSINO

M: Descritor da aprendizagem da Matemática E: Descritor do ensino

A: Descritor de ambiente

DP: Descritor de desenvolvimento profissional

Ex: Exemplo de Matemática

Reconhecendo

M: Preocupado com o facto de que a necessidade de ensinar sobre a tecnologia vai levar tempo para ensinar Matemática.

Ex: Os alunos usam a tecnologia por conta própria e pouca ou nenhuma instrução com tecnologia está presente.

E: Não usa tecnologia para desenvolver conceitos matemáticos.

Ex: Tecnologia, se é que é usada, é usada para atividades domésticas ou simples.

A: Usa tecnologia para reforçar conceitos ensinados sem tecnologia.

Ex: Concentra-se em funções lineares onde os alunos praticam a criação de gráficos à mão para explorar diferentes funções. Após os alunos terem demonstrado competência com funções lineares, apresenta um exemplo de planilha ou um exemplo de calculadora gráfica.

DP: Considera participar de desenvolvimento profissional local para aprender mais sobre tecnologias.

Ex: Participar de oficinas locais que se concentram em adquirir habilidades com a tecnologia; Contexto das atividades de aprendizagem é a Matemática.

Aceitando

M: Usa atividades de tecnologia no final das unidades, para "dias de folga", ou para atividades periféricas à instrução em sala de aula.

Ex: Atividades de tecnologia avançada não são usadas para tópicos que exigem habilidades tecnológicas mais avançadas.

E: Simplesmente imita as mais simples ideias curriculares de Matemática de desenvolvimento profissional para integrar as tecnologias.

Ex: Introduz o Teorema de Pitágoras algoritmicamente; usa software de geometria dinâmica para verificar o Teorema de Pitágoras; os alunos encontram soluções para problemas de exemplo usando papel e lápis.

A: Tem uma alta gestão e orquestração da instrução usando a tecnologia.

Ex: A tecnologia é dirigida, em um processo firmemente sequenciado, passo a passo. Uso de tecnologia não-exploratória.

DP: Reconhece a necessidade de participar em experiências de formação relacionadas com tecnologia.

Ex: Procura desenvolvimento profissional relacionado com a tecnologia, oficinas que visam desenvolver conhecimento tecnologico no ensina e na aprendizagem da Matemática.

Adaptação

M: Usa tecnologia para aprimorar ou reforçar ideias matemáticas que os alunos aprenderam anteriormente.

Ex: Os alunos usam a tecnologia para reforçar conceitos previamente ensinados pelo professor.

E: Imita as atividades de desenvolvimento profissional mais simples com as tecnologias, mas tenta adaptar lições para suas aulas de Matemática.

Ex: São incorporadas lições baseadas na tecnologia adaptadas às necessidades dos alunos.

A: As estratégias de ensino com tecnologias são primeiramente dedutivas, orientadas pelo professor, a fim de manter o controle do progresso da atividade.

Ex: Começa a adaptar abordagens instrucionais que permitem que os alunos explorem com tecnologia fora das aulas.

DP: Continua a aprender e explorar ideias para ensinar e aprender Matemática usando apenas um tipo de tecnologia (como planilhas).

Ex: Partilha ideias de desenvolvimento profissional com outros professores de Matemática do edifício.

Explorando

M: Envolve os alunos em atividades de pensamento de alto nível (como projetos baseados em resolução de problemas e atividades de tomada de decisão) para aprender Matemática usando a tecnologia como uma ferramenta de aprendizagem.

Ex: Os professores compartilham aulas baseadas em tecnologia, ideias e sucessos com colegas.

E: Envolve os alunos em explorações de Matemática com tecnologia onde o professor está em papel de guia, em vez de diretor da exploração.

Ex: Os alunos usam a tecnologia para explorar novos conceitos como o professor serve principalmente como um guia.

A: Explora várias estratégias de ensino (incluindo estratégias dedutivas e indutivas) com tecnologias para envolver os alunos no pensamento sobre a Matemática.

Ex: O professor integra uma variedade de tecnologias para vários tópicos.

DP: Procura e trabalha com outras pessoas envolvidas na integração de tecnologia em Matemática.

Ex: Organiza os professores de Matemática para investigar o currículo de Matemática para integrar tecnologias apropriadas.

Avançando

M: Aceitação ativa e consistente de tecnologias como ferramentas para aprender e ensinar Matemática de forma a traduzir com precisão conceitos e processos matemáticos em formas compreensíveis para os alunos.

Ex: O professor é visto como um recurso com novas ideias para ajudar os alunos a aprender Matemática com a tecnologia.

E: Adapta-se de uma variedade de estratégias de ensino (incluindo estratégias dedutivas e indutivas) com tecnologias para envolver os alunos na reflexão sobre a Matemática.

Ex: O professor ajuda os alunos a mobilizar-se de uma ferramenta para outra, demonstrando um foco e uma alegria de compreender profundamente os tópicos matemáticos.

A: Gerência atividades de tecnologia avançada de forma a manter o engajamento dos alunos e auto-direção na aprendizagem da Matemática.

Ex: O professor forma e reforma grupos de aprendizagem onde a aprendizagem individual e em grupo é valorizada e encorajada.

DP: Procura experiências de formação em curso para continuar a aprender a integrar tecnologias emergentes. Continua a aprender e explorar ideias para o ensino e aprendizagem de Matemática com múltiplas tecnologias para melhorar o acesso à Matemática.

Ex: Envolve os professores do distrito na avaliação e revisão do currículo de Matemática para integrar melhor a tecnologia ao longo das séries, ajustando o currículo para um currículo de Matemática do século XXI com tecnologias apropriadas.

ACESSO

U: Descritor de uso B: Descritor de barreira D: Descritor de disponibilidade

Ex: Exemplo de Matemática

Reconhecendo

U: Permite que os alunos usem a tecnologia "somente" depois de dominar certos conceitos.

Ex: A exploração Matemática com ferramentas tecnológicas é desafiada por crenças sobre como os alunos precisam aprender Matemática.

B: Resiste à consideração de mudanças no conteúdo ensinado embora se torne acessível a mais estudantes através da tecnologia.

Ex: O acesso do aluno à tecnologia é limitado a 'depois' que eles aprenderam os conceitos dados usando procedimentos de papel e lápis e o uso da tecnologia apenas para atividades de rotina.

D: Os avisos de que os problemas autênticos são mais propensos a envolver "números hostis" e podem ser mais facilmente resolvidos se os alunos tivessem calculadoras.

Ex: Atribui alguns problemas de Matemática usando dados da escola e da comunidade, mas salva então para o trabalho de "crédito extra" se os alunos tiverem calculadoras.

Aceitando

U: Os alunos usam a tecnologia de maneiras limitadas durante os períodos de ensino regulares.

Ex: As atividades do aluno com tecnologia são limitadas a situações breves controladas firmemente.

B: Preocupações com questões de acesso e gerenciamento com relação à integração de tecnologia na sala de aula.

Ex: Os alunos só podem usar a tecnologia em situações isoladas ou situações de aprendizagem não-importantes.

D: As calculadoras permitem maior número de exemplos a serem explorados pelos alunos.

Ex: O aluno usa calculadoras para investigar padrões e funções.

Adaptação

U: Permite que os alunos usem a tecnologia em unidades especificamente projetadas.

Ex: Acesso e uso de tecnologia está disponível para a exploração de novos tópicos, geralmente com a demonstração do professor.

B: Usa a tecnologia como uma ferramenta para aprimorar as aulas de Matemática, a fim de proporcionar aos alunos uma nova maneira de abordar a Matemática.

Ex: Conceitos aprendidos com tecnologia não são avaliados com tecnologia.

D: Os conceitos são ensinados diferentemente desde que a tecnologia fornece o acesso às conexões anteriormente fora do alcance.

Ex: Os alunos usam software de geometria dinâmica para investigar e fazer conexões entre funções de trigonometria.

Explorando

U: Permite que os alunos usem a tecnologia para explorar tópicos matemáticos específicos.

Ex: Acesso e uso de tecnologia está disponível e encorajado para a exploração de Matemática durante a maior parte das aulas.

B: Reconhece desafios para o ensino de Matemática com tecnologias, mas explora estratégias e ideias para minimizar o impacto desses desafios.

Ex: A tecnologia é amplamente utilizada nas avaliações. Procura maneiras de obter tecnologia para uso em sala de aula e começa a criar métodos para questões de gerenciamento de tecnologia.

D: Através do uso da tecnologia, os principais tópicos são explorados, aplicados e avaliados incorporando múltiplas representações dos conceitos e suas conexões.

Ex: As equações simultâneas são desenvolvidas a partir de uma situação autêntica, resolvidas e interpretadas usando gráficos, tabelas, símbolos e dados.

Avançando

U: Permitir que os alunos usem tecnologia em todos os aspetos da aula de Matemática.

Ex: A tecnologia é vista como uma oportunidade para desafiar as noções do que os alunos de Matemática podem dominar.

B: Reconhece desafios no ensino com tecnologia e resolve os desafios por meio do planeamento para maximizar o uso dos recursos e ferramentas disponíveis.

Ex: Tecnologia é usada para expandir os conceitos matemáticos que podem ser acedidos pelos alunos.

D: Os alunos são ensinados e autorizados a explorar tópicos matemáticos mais complexos ou conexões Matemáticas como parte de sua experiência normal de aprendizado.

Ex: Usando a Internet para encontrar problemas matemáticos interessantes, os alunos investigam o papel que as tecnologias podem desempenhar na busca de soluções para os problemas.

Anexo 7 – Tarefa “Discussão em fórum online de um texto” (T_I^1 , T_{II}^1)

Discussão do texto: Amado e Carreira (2008)

A partir da leitura do texto de Amado e Carreira (2008) discuta com os seus colegas, no fórum aberto na plataforma e-learning, a **utilização pedagógica da tecnologia**. Iniciaremos a discussão debruçando-nos sobre as seguintes ideias, às quais deverá acrescentar outras ideias/questões levantadas com a leitura do texto ou durante o debate no fórum:

1. Porquê utilizar recursos tecnológicos no ensino e aprendizagem da Matemática?
2. Quais as vantagens para os alunos de integrar a tecnologia na aula de Matemática?
3. Qual o papel do professor numa aula de Matemática com recurso à tecnologia? e o do aluno?
4. Quais os desafios que o uso da tecnologia na sala de aula coloca aos professores?
5. O que distingue as diferentes perspetivas de inclusão da tecnologia no ensino e aprendizagem da Matemática? Que condições são necessárias para garantir uma inclusão pedagógica da tecnologia?
6. Quais os diferentes modos de utilização da tecnologia pelos professores? Que vantagens e limitações identifica em cada um desses modos de utilização?

Anexo 8 – Tarefa “Análise de um plano de aula focada na forma de integração da tecnologia” (T_I^2 , T_{II}^4)

Trabalhando em pares, analisem e discutam o plano de aula em anexo tendo em vista responder às seguintes questões:

1. A tecnologia selecionada é adequada para o cumprimento dos objetivos de aprendizagem definidos? Os objetivos estão enquadrados curricularmente?
2. Em que medida a tecnologia selecionada promove a exploração, representação e visualização do conteúdo matemático?
3. Em que medida a tecnologia selecionada promove a motivação dos alunos e a aprendizagem do conteúdo, facilitando a sua compreensão e o desenvolvimento de outras capacidades e/ou conhecimentos?
4. De que modo estão contempladas as possíveis estratégias e dificuldades dos alunos na resolução da tarefa, quando usam a tecnologia?
5. As opções metodológicas e as estratégias de ensino estão adaptadas ao uso da tecnologia e promovem o seu uso nos diferentes momentos da aula?
6. De que forma está a ser introduzida a tecnologia no plano de aula: funcional ou pedagógica?
7. Consideram que a integração da tecnologia no plano de aula é efetiva, tendo em conta os objetivos? Haveria alguns aspetos que poderiam modificar para potenciar o ensino e a aprendizagem do conteúdo matemático integrando a tecnologia?

Anexo 9 – Tarefa “Introdução ao *TinkerPlots*TM – A Gataria”¹⁰ (T_I³, T_{II}⁸)

1. INTRODUÇÃO

A tabela seguinte apresenta informação de alguns atributos (variáveis) de um conjunto de gatos de um gatil dos arredores de Lisboa.

Nome	Géner	Idade (meses)	Massa (kg)	Comprimento do corpo	Cor dos olhos	Comprimento da cauda
Cutxi	M	12	4	35	Castanho	20
Canti	F	36	5	38	Verde	23
Pantufa	M	60	9	53	Castanho	13
Bochechas	M	24	6	43	Castanho	23
Jô	F	192	8	53	Verde	25
Keylli	F	48	4	43	Castanho	25
Filetes	F	48	5	48	Castanho	28
Sparky	M	12	5	45	Verde	28
Andróide	M	216	6	53	Verde	28
Minnie	F	96	6	53	Castanho	28
Fofa	F	168	6	43	Castanho	28
Riscas	F	60	5	43	Verde	28
Putchi	M	96	8	43	Verde	30
Miriam	F	72	7	58	Castanho	30
Mel	M	60	5	45	Verde	30
Pérola	F	48	6	50	Verde	30
Floco de	M	60	8	60	Castanho	30
Rosita	F	120	5	43	Verde	33
Patareca	F	180	4	40	Verde	33
Godas	M	132	6	53	Castanho	33
Psy	M	144	8	53	Verde	33
Ruca	M	36	6	60	Castanho	28
Noddy	M	24	5	53	Azul	28
Pitucha	F	48	4	45	Castanho	23

Nesta sessão, de familiarização com este *software*, propomos-te a exploração e análise dos dados relativos a este conjunto de gatos, que já se encontram disponíveis num ficheiro do *TinkerPlots* no teu computador, para estudar algumas das suas características, através de um conjunto de questões orientadoras e utilizando as diversas ferramentas do *software*.

¹⁰ Desenvolvida no âmbito do projeto Desenvolver a Literacia Estatística: Aprendizagem do aluno e formação do professor (PTDC/CPE-CED/117933/2010)

Quando abres o ficheiro “Gataria” que tens no teu ambiente de trabalho, os dados encontram-se disponíveis em cartões, como o da figura seguinte. Cada cartão contém os dados relativos aos vários atributos de um gato (por exemplo, Nome, Género, Idade, etc).

2. INTRODUÇÃO DE DADOS

O *software* estatístico *TinkerPlots* também permite que tu próprio introduzas dados de diversas formas:

- Os dados são introduzidos manualmente (um a um) através dos botões “Table” e “Cards” da barra de ferramentas;
- Os dados são importados de outras bases de dados, como por exemplo, a partir de um ficheiro *Excel*. O *TinkerPlots* também tem bases de dados em vários domínios, que podem ser utilizadas.

Questão 1 - Experimenta introduzir os dados relativos aos dois primeiros gatos da tabela anterior, em cartões e numa tabela.

Para introduzir um conjunto de dados, nos **cartões** ou numa **tabela** do *TinkerPlots*:

- No *TinkerPlots*, selecciona o botão “Cards” (canto superior esquerdo do ecrã) arrastando um quadro para o ecrã.



- Para adicionar os atributos ao cartão, como o nome ou o género, clicar 2 vezes e escrever o nome da variável. Nota que não são aceites espaços.
- Depois, preenche os valores de todos os atributos para o primeiro caso, clicando na coluna do valor, na célula correspondente à variável. Cada cartão contém os dados de um caso.
- Para criar um novo cartão com os dados de outro caso, clicar na seta superior (direita) do cartão. As variáveis são automaticamente preenchidas, é só introduzir os valores.

A introdução de dados numa tabela do *TinkerPlots*, segue um procedimento semelhante ao que foi utilizado para os cartões. No *TinkerPlots*, selecciona o botão “Table” (canto superior esquerdo do ecrã) arrastando um quadro para o ecrã. Para adicionar as variáveis à tabela, como o nome ou o género, clicar 2 vezes na primeira célula de cada coluna e escrever o nome. Depois é só preencher os valores de todos os casos para cada atributo, clicando na célula correspondente à variável. A tabela contém os dados de todos os casos.

A tabela é construída automaticamente a partir dos cartões, se estes já estiverem construídos e forem seleccionados. Nota que se adicionar casos à tabela, os mesmos são automaticamente adicionados aos cartões e vice-versa.

A tabela dos dados também pode ser importada a partir de um ficheiro *Excel*, conforme indicado no manual de utilizador do *TinkerPlots* (podes experimentar numa próxima oportunidade). Depois de importada, os dados são automaticamente carregados nos cartões.

3. EXPLORAÇÃO DE DADOS

Parte I

Vamos agora realizar a tarefa, começando por formular algumas questões e depois explorando algumas formas diferentes de organizar e representar os dados relativos ao conjunto dos gatos que foram disponibilizados no ficheiro original.

Questão 2

a) Que questões interessantes gostarias de colocar e estudar sobre estes dados da “Gataria”? b) Qual pensas ser a resposta a essas questões? Explica em que te baseaste para responder.

Utiliza o botão “text”



para registares as tuas questões no ecrã.

Guarda o teu trabalho (File – Save as: nome do grupo_Q2).

Tens agora oportunidade de explorar os dados da “Gataria” recorrendo a representações gráficas e medidas estatísticas construídas no *TinkerPlots*.

Questão 3 - Constrói uma representação gráfica à tua escolha para os dados relativos à cor dos olhos.

- a) Quantos gatos existem com olhos verdes? b) Qual a cor de olhos predominante?
c) Poder-se-á afirmar que a maioria dos gatos tem olhos castanhos?

Justifica as tuas respostas com base numa representação gráfica, indicando como é que a representação te permitiu obter evidência para responderes.

Seleciona o atributo (a cor dos olhos) que queres representar. Seleciona depois o botão *Plots* da barra de ferramentas e arrasta-o para o ecrã.

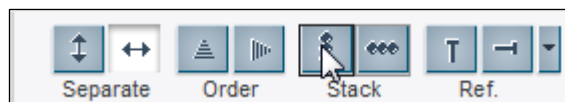
Este botão de comando “Plot” aciona uma representação gráfica (do atributo/variável que tiver selecionado) através de pontos coloridos, em que cada ponto representa um indivíduo (caso). Nota que ao clicar em cima de um ponto do gráfico, o caso aparece automaticamente no cartão. Ao clicares num atributo de um

cartão, que corresponda a uma variável qualitativa – a cor dos olhos, neste caso, os pontos do gráfico ficam coloridos de acordo com o valor da variável.

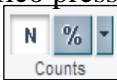
Podes também ser tu próprio a construir os gráficos, organizando-os progressivamente (usando operações básicas, incluídas nos botões de comando "Stack", "Order" e "Separate") de modo a facilitar a obtenção de informações necessárias para responder às questões.

Ao seleccionares o botão "Separate", os dados separar-se-ão em duas partes. Para separá-los por cor ou por valores (no caso das variáveis quantitativas), debes clicar sobre um ponto e arrastá-lo para o lado até teres todos os pontos completamente separados por categorias. Caso não consigas obter o intervalo desejado, podes clicar duas vezes sobre os valores do intervalo e indicar [Bin Width = 'valor desejado para o intervalo'].

Para organizar os dados debes pressionar o botão "Stack", empilhando os pontos e o botão "Order" para os ordenar.



Podes colocar legenda no gráfico pressionando o botão "Key".

Seleciona o botão "Counts"  para obter a frequência absoluta e/ou relativa para cada categoria ou classe.

Para organizares os dados na forma de **gráfico de barras** debes seleccionar a variável e separar os pontos em intervalos. Depois empilha e ordena os dados e na barra de ferramentas inferior do quadro do Plots selecciona a opção "Fuse Rectangular".

Para organizar os dados, construindo um **gráfico circular**, selecciona um atributo e a opção "Fuse Circular" na barra inferior de ferramentas do quadro Plot.


Podes agora responder à **questão 3**, registando-a numa caixa de texto.

Guarda o teu trabalho (File – Save as: nome do grupo_Q3).

Parte II

Experimenta seleccionar agora outra variável - o comprimento do corpo dos gatos.

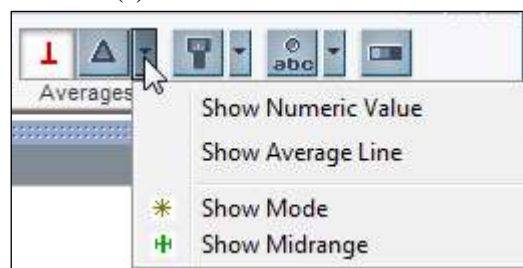
Questão 4 - Constrói um gráfico à tua escolha para representares os dados relativos ao comprimento do corpo dos gatos. Com base no gráfico que construístes, o que podes dizer sobre o comprimento do corpo dos gatos?

Podes clicar no botão “Mix-up”  no canto inferior esquerdo do gráfico para baralhar os pontos e começar de novo ou podes criar um novo gráfico recorrendo ao botão “plot”. Numa variável quantitativa, os pontos aparecem coloridos segundo um gradiente em que as cores mais claras indicam valores numéricos mais baixos. Ao arrastar um ponto para a direita, os casos separam-se e ficam organizados em intervalos.

Depois dos dados organizados, podes também usar os botões das “Averages” para mostrar diferentes medidas de tendência central (a média, a mediana ou a moda) e explorar depois o seu significado.



Para mostrar o valor numérico destas medidas, clicar no botão “Average Options” e escolher “Show Numeric Value(s)”.



Podes agora responder à **questão 4**, registrando-a numa caixa de texto.

Guarda o teu trabalho (File – Save as: nome do grupo_Q4).

Questão 5a – O que podes dizer sobre os diferentes géneros dos gatos em relação ao seu comprimento?

Verifica a conjectura recorrendo a uma representação gráfica.

Explica porque é que escolheste essa representação gráfica e como podes confirmar a tua conjectura a partir dela.

Para visualizares os dados referentes a dois atributos, simultaneamente (por exemplo, o comprimento do corpo e o género), podes seleccionar uma variável de cada vez, no cartão, e arrastá-las para cada um dos eixos de um “Plot”. Depois podes usar as ferramentas já conhecidas para a organização dos dados. Experimenta!

Responde à **questão 5a**, registrando-a numa caixa de texto.

Guarda o teu trabalho (File – Save as: nome do grupo_Q5a).

Questão 5b - Recorre agora a um diagrama de extremos e quartis. O que concluis?

Para organizares os dados na forma de **diagrama de extremos e quartis (Box Plot)** deves separar os pontos até estarem ao longo de uma escala contínua. Depois empilha e ordena os dados e na barra de ferramentas superior clica no botão “Hats” e selecciona a opção “Box Plot”. Para fazer a leitura dos valores de extremos e quartis podes seleccionar o botão “Ref. Line vertical” arrastando-a sobre o gráfico. Experimenta!

No caso de queres comparar os valores numéricos das medidas estatísticas apresentadas no diagrama de extremos e quartis, determinando a sua diferença, podes clicar no botão “Ruler” na barra de ferramentas e mover os extremos da régua fazendo-os coincidir com esses valores (figura seguinte).

Responde à **questão 5b**, registando-a numa caixa de texto.

Guarda o teu trabalho (File – Save as: nome do grupo_Q5b).

Já sabes como podes construir uma representação com os dados referentes a dois atributos. Se as duas variáveis forem quantitativas, depois de arrastar os pontos de modo a separar completamente os valores ao longo de escalas contínuas nos dois eixos, obtém-se um **diagrama de dispersão** que permitirá responder à questão seguinte.

Questão 5c - Os gatos com corpos mais compridos tendem a ter caudas maiores?

Justifica.

Responde à **questão 5c**, registando-a numa caixa de texto.

Guarda o teu trabalho (File – Save as: nome do grupo_Q5c).

Anexo 10 – Tarefa “Introdução ao GeoGebra – Investigando quadriláteros e pontos médios” (T_I^4 , T_{II}^5)

1. Resolva, em grupo, a tarefa em anexo, indicando os aspetos que considera mais significativos;
2. Indique os objetivos com que a poderia introduzir na sala de aula, atendendo ao nível escolaridade, enquadrando-a curricularmente;
3. Que estratégias e dificuldades dos alunos são possíveis antecipar na resolução desta tarefa?
4. Identifique desafios que o professor poderá enfrentar no apoio a conceder aos alunos na sua realização. Em particular, que aspetos o professor deveria ter em conta antes de usar o *software* na sala de aula ou para conduzir os alunos no uso efetivo e autónomo deste software?
6. Quais as principais questões e/ou dificuldades que enfrentou durante a resolução da tarefa com um novo *software*?

Anexo

Tarefa - Investigando quadriláteros e pontos médios *

1. Recorrendo ao Geogebra, desenhe um retângulo e marque os pontos médios dos seus lados. Em seguida una os pontos médios de lados consecutivos. Que figura obtém?
2. Investigue o que se passa com outros quadriláteros. Justifique as suas conjecturas.
3. Procure agora relacionar a área da figura inicial e a que obteve unindo os pontos médios dos lados. Justifique as suas conjecturas.

* Adaptado de Ponte, Oliveira & Candeias (2008). Triângulos e quadriláteros: materiais de apoio ao professor. Lisboa: DGIDC.

Anexo 11 – Tarefa “Uma tarefa do Manual” (T_I⁵)

1. Seleccionem uma tarefa de um manual escolar sobre um tópico à vossa escolha e adaptem-na de modo a criar um tipo de tarefa específico (um problema, uma exploração ou uma investigação). Justifiquem a seleção feita e as adaptações levadas a cabo, explicitando quais as características da tarefa elaborada que estão na base das distinções feitas.
2. Indiquem o ano de escolaridade em que a tarefa irá ser proposta, os conceitos matemáticos e as capacidades transversais envolvidos e o(s) objetivo(s) de aprendizagem que procura atingir.
3. Seleccionem uma tecnologia (*Excel*, *TinkerPlots*, *GeoGebra*, *Applets*, entre outras) que seja apropriada para resolver a tarefa.
4. Justifiquem a seleção da tecnologia a integrar na proposta a apresentar aos alunos, indicando as suas potencialidades:
 - a) na aprendizagem, para promover a compreensão dos conteúdos matemáticos envolvidos na tarefa. Isto é, de que forma a ferramenta tecnológica seleccionada promove a compreensão dos conteúdos matemáticos envolvidos na tarefa?
 - b) no ensino, para promover os objetivos de aprendizagem que se desejam atingir. Isto é, de que forma a ferramenta tecnológica seleccionada permite atingir os objetivos de aprendizagem?
5. Indiquem de que forma implementariam a tarefa na sala de aula (forma de organizar o trabalho dos alunos, duração prevista para resolver a tarefa, papel do professor e do aluno). Justifiquem as opções metodológicas indicadas.

Anexo 12 – Tarefa “Elaboração de um plano de aula” (T₁⁶)

Temas: Práticas de gestão curricular: Planos de aula; tarefas e recursos.

Inquiry; Integração de Física e Matemática.

Objetivos

Este trabalho incide sobre a temática da gestão curricular do professor, em particular, na planificação de aulas de um cenário de aprendizagem que adote uma metodologia de *inquiry*, fomenta a argumentação científica e integre o *software* (*TinkerPlots*) para trabalhar um tópico do 3.º ciclo do Ensino Básico numa perspetiva integrada de Física e Matemática. Tem como objetivo avaliar em que medida o mestrando evidencia ser capaz de:

- ✓ adotar uma metodologia *inquiry* que fomenta a argumentação científica numa perspetiva integrada de Física e Matemática, justificando o seu lugar no currículo;
- ✓ integrar o uso de recursos tecnológicos no ensino da Matemática e da Física;
- ✓ reconhecer as principais dificuldades dos alunos na realização de tarefas investigativas com recurso à tecnologia e discutir formas de as ultrapassar;
- ✓ compreender as principais ações do professor no que respeita à promoção da aprendizagem dos alunos e da integração da Física e da Matemática e à gestão de uma aula com tarefas investigativas, utilizando tecnologia;
- ✓ elaborar um plano de aula coerente, que integre as tarefas e o recurso selecionado;
- ✓ trabalhar de forma autónoma e colaborativa.

Proposta de trabalho

Com este trabalho pretende-se que o grupo elabore **um plano para uma aula** (90 minutos), a partir do cenário de aprendizagem que estão a desenvolver na UC de IPP2, definindo o modo como a **Tarefa Degelo no Alasca** vai ser trabalhada em sala de aula, recorrendo à tecnologia (*TinkerPlots*), visando as aprendizagens dos alunos do 3.º ciclo. O plano (estrutura em anexo) deverá integrar os seguintes elementos: o ano de escolaridade a que se dirige a proposta e a duração prevista; os objetivos que procura atingir; o(s) método(s) de trabalho a implementar na sala de aula; o papel do professor e o papel do aluno (incluindo uma previsão das dificuldades dos alunos e de formas de as ultrapassar). O documento deverá integrar ainda uma introdução que fundamente as principais opções tomadas na elaboração do plano de aula, incluindo o seu enquadramento no currículo e no cenário de aprendizagem construído. O documento escrito deverá ter uma **dimensão máxima de 8 páginas** e ser enviado para o *email* das docentes envolvidas.

Critérios de avaliação

Adequação do documento aos objetivos visados e indicações dadas; Organização e completude; Coerência e qualidade da escrita; Capacidade de argumentação.

Anexo 13 – Tarefa “Reflexão final” (T₁⁷)

Temas

- Práticas de gestão curricular: Planos de aula; tarefas e recursos.
- Ensino e aprendizagem da Estatística no 3.º Ciclo do ensino básico e ensino secundário, em particular, através de investigações estatísticas com recurso à tecnologia.

Objetivos:

Este trabalho individual tem como objetivo avaliar em que medida o mestrando evidencia ser capaz de:

- compreender os principais processos de aprendizagem da Matemática, em particular as potenciais dificuldades dos alunos do 3.º ciclo no tema da Estatística e no processo investigativo;
- justificar as potencialidades e limitações no uso de tecnologia (*TinkerPlots*) no ensino do tema matemático visado;
- refletir sobre o processo de planificação de aulas e os desafios que se colocam na sua lecionação.

Proposta de trabalho

Este trabalho consiste na elaboração de um texto de natureza reflexiva a partir do Trabalho de Grupo realizado. Este deverá organizar-se pela resposta, fundamentada, às seguintes questões orientadoras:

1. Quais as principais aprendizagens que realizou e as dificuldades que enfrentou no âmbito do desenvolvimento do trabalho de planificação de uma aula com tecnologia (Trabalho de Grupo)?
2. Em que medida considera que as opções metodológicas e as estratégias de ensino da aula planeada no Trabalho de Grupo promovem a motivação e as aprendizagens dos alunos relativamente ao(s) tópico(s) visados e ao processo investigativo? Justifique.
3. Em que aspetos o TinkerPlots facilitou ou limitou a resolução da tarefa proposta?
4. Que desafios se colocaram relativamente à integração da tecnologia na aula concretizada? Explique.
5. Refira, justificando, que aspetos consideraria alterar na aula planeada para potenciar o ensino e a aprendizagem do conteúdo matemático integrando a tecnologia?

O texto, a realizar **individualmente**, deverá ter uma dimensão máxima de **1500 palavras**, e ser enviado por correio eletrónico para a docente, até **X de junho de 201X**.

Critérios de avaliação:

- Adequação do documento aos objetivos visados e indicações dadas;
- Organização e completude;
- Coerência e qualidade da escrita;
- Capacidade de argumentação e sua articulação com a teoria.

Anexo 14 – Tarefa “Tipos de recursos tecnológicos” (T_{II}²)

Tarefa 1 – Tipos de recursos tecnológicos

“Se o projeto curricular não incorpora as contribuições da Tecnologia Educacional, então dificilmente consegue concretizar certos princípios e processos de aprendizagem”

Parte I

Faça uma inventariação das ferramentas tecnológicas que já utilizou no ensino e/ou aprendizagem da Matemática. Procure:

- Refletir sobre as potencialidades e limitações que encontrou em cada uma delas;
- Selecionar uma ferramenta tecnológica que nunca tenha usado e discutir, em grupo, as potencialidades e limitações que encontrou.

Parte II

Em grupo, selecionem uma ferramenta tecnológica e descrevam sucintamente de que modo a podem integrar no ensino e aprendizagem da Matemática. Deverão evidenciar os seguintes aspetos, de modo a justificar as opções tomadas:

- **Repercussões** da sua integração, ao nível dos conteúdos, da metodologia e da organização do ensino;
- **Aprendizagens** fundamentais a atingir com a sua integração;
- **Desafios** que se colocam à sua integração (papel do aluno e do professor).

Anexo 15 – Tarefa “Análise da integração da tecnologia numa tarefa matemática”

(T_{II}³)

Parte I

No Anexo 1 encontra-se o enunciado da Tarefa “*Vamos comer queijo, mas não exageremos*” e no Anexo 2 encontra-se um mini-manual sobre o uso do Excel que o(a) ajudará a usar a ferramenta durante a resolução da tarefa.

1. Resolva a tarefa, registando as respostas, indicando o procedimento respetivo para dar resposta a cada uma das questões e registando o trabalho feito no Excel.

Parte II

Analise a tarefa e discuta com os seus colegas seguindo as seguintes orientações:

1. Quais os principais desafios (associadas com o conhecimento matemático ou com o uso da tecnologia) que enfrentou durante a resolução da tarefa?
2. Classifique a tarefa em exercício, problema, exploração ou investigação. Justifique a classificação.
3. Como enquadra curricularmente a tarefa? (indique o nível de ensino, os conteúdos e objetivos de aprendizagem)
4. Considera que o enunciado e as questões da tarefa estão bem definidos para os alunos entenderem o que devem fazer? Que aspetos poderiam ser melhorados?
5. Considera que o mini-manual de Excel é claro e acompanha efetivamente a resolução da tarefa? Que aspetos se poderiam modificar para potenciar o uso da ferramenta tecnológica?
6. Que aspetos, capacidades ou aprendizagens promove o uso da tecnologia selecionada para resolver esta tarefa?
7. Que desafios poderia enfrentar um professor para introduzir esta tarefa na sala de aula?

Anexo 1

Tarefa - Vamos comer queijo, mas não exageremos¹...

O queijo, proveniente do leite, é um alimento rico em cálcio. No entanto, é necessário não abusar, já que, de um modo geral, é um alimento muito calórico e a maior parte das vezes rico em gordura. Na tabela seguinte apresentamos, para vários tipos de queijo, a quantidade de gordura e o número de calorias, por cada 100 gramas de queijo:

Alimento (100g)	Gordura (g)	Calorias
■ Queijo Brie	20	263
▲ Queijo Camembert	23	313
▲ Queijo da Ilha	26	357
▲ Queijo da Serra curado	32	385
▲ Queijo da Serra fresco	27	327
▲ Queijo de Azeitão	25	309
▲ Queijo de Évora	34	412
▲ Queijo de Serpa	26	330
▲ Queijo de Tomar	27	305
● Queijo flamengo 20%	8	185
■ Queijo flamengo 30%	14	246
▲ Queijo flamengo 45%	23	315
■ Queijo fresco	21	265
▲ Queijo Gorgonzola	37	407
■ Queijo Gruyère	20	315
▲ Queijo Parmesão	28	401
▲ Queijo Roquefort	32	371
▲ Queijo Suíço	29	357

- - Alimento com baixo teor em gordura mas podendo ter um elevado conteúdo em calorias.
- - Alimento intermediário: consumir com moderação.
- ▲ - Alimento rico em gordura: comer pontualmente ou moderar o seu consumo.

Através da tabela anterior poderemos fazer vários estudos no que diz respeito à quantidade de gordura e ao número de calorias dos diferentes tipos de queijo.

A. Dados da Amostra

1. Caracteriza, quanto à sua natureza, as variáveis em estudo.
2. Que questões interessantes poderias colocar sobre estes dados quanto a:
 - quantidade média de gordura;
 - quantidade média de calorias;
 - relação entre a quantidade de gordura e as calorias dos queijos;
 - outro aspeto que consideres relevante estudar.

¹ Adaptado de Graça Martins et al. (2007)

3. Qual pensas ser a resposta a essas questões? Explica em que te baseaste para responder.
4. A partir dos dados elabora um pequeno texto sobre o que prevês que aconteça com a totalidade dos queijos existentes, quantos aos aspectos considerados na questão 2. Não te esqueças de explicar em que evidências baseaste a tua previsão.

B. Tratamento de dados

5. Relativamente à variável **Gordura**, recorre a representações gráficas e medidas estatísticas, para verificares se as previsões que formulaste na questão 4 se confirmam. Indica como é que a representação que escolheste te permitiu obter evidência para responderes.
6. Relativamente à variável **Calorias**, recorre a representações gráficas e medidas estatísticas, para verificares se as previsões que formulaste na questão 4 se confirmam. Indica como é que a representação que escolheste te permitiu obter evidência para responderes.
7. Qual é o valor **mínimo** de gordura dos queijos da amostra? Qual o queijo?
8. Qual é o valor **mínimo** de calorias dos queijos da amostra? Qual o queijo?
9. Qual é o valor **máximo** de gordura dos queijos da amostra? Qual o queijo?
10. Qual é o valor **máximo** de calorias dos queijos da amostra? Qual o queijo?

C. Conclusões

11. Através de um diagrama de dispersão, tenta relacionar as duas variáveis Quantidade de gordura (em gramas) e Número de calorias. Através do gráfico, retira as tuas conclusões sobre a relação entre as duas variáveis. De seguida, calcula o coeficiente de Correlação para retirares as tuas conclusões.
12. Determina a expressão da reta dos mínimos quadrados.

Anexo 2

Mini-manual de Utilização do Excel

- **Soma:**

Para se calcular a soma, deve-se escolher uma célula e escrever: =SOMA(selecionar linha/coluna que se quer somar)

- **Média:**

Para se calcular a média, deve-se escolher uma célula e escrever: =MÉDIA(selecionar linha/coluna com os dados pretendidos)

- **Mediana:**

Para se calcular a mediana, deve-se escolher uma célula e escrever: =MED(selecionar linha/coluna com os dados pretendidos)

- **Moda:**

Para se calcular a moda, deve-se escolher uma célula e escrever:
=MODA (selecionar linha/coluna com os dados pretendidos)

- **Quartis:**

Para se calcular os quartis, deve-se escolher uma célula e escrever:
=QUARTIL.INC(selecionar linha/coluna com os dados pretendidos; 1*)

*Escolher: 0- Valor Mínimo

1- 1º quartil

2- Mediana (2º Quartil)

3- 3º Quartil

4- Valor Máximo

- **Coefficiente de Correlação:**

Para se calcular o coeficiente de correlação, deve-se escolher uma célula e escrever:
=CORREL(selecionar linha/coluna com os dados da primeira variável; selecionar linha com os dados da segunda variável)

- **Gráficos:**

Para se fazer qualquer tipo de gráfico, deve-se selecionar a coluna com os dados que se pretende representar e só depois inserir o tipo de gráfico que se pretende.

- **Diagrama de Extremos e Quartis:**

Construir uma tabela com os dados

1º Quartil

Limite inferior diagrama = $Q1 - 1,5 * (Q3 - Q1)$

Mínimo

Média

Moda

Mediana

Máximo

Limite superior diagrama = $Q3 + 1,5 * (Q3 - Q1)$

3º Quartil

Os limites inferiores e superiores do diagrama servem para lidar valores de pontos perdidos na amostra.

Selecionar os dados

Inserir gráfico linhas com marcadores, e depois, mudar linhas/colunas;

Alterar origem do gráfico para obter uma dispersão maior dos valores e conseguir analisar melhor

Selecionar eixo vertical e formatar o valor mínimo, para termos uma visualização melhor;

Apagar legenda do eixo horizontal; aumentar o gráfico; Criar linha entre o valor mínimo e o valor máximo, selecionando o gráfico/esquema/Linha máximo/mínimo;

Criar caixa Q1/Q3, selecionar o gráfico/Análise/barras para cima/para baixo e depois selecionando a caixa formatá-la para sem preenchimento

- **Reta de Regressão Linear:**

Selecionar os dados;

Inserir gráfico de dispersão só com marcadores (sem linha), para colocar legenda clicar em esquema (título do gráfico /título dos eixos);

Colocar o rato sobre um marcador do gráfico e clicar com o botão direito do rato;

Clicar em adicionar linha de tendência e nas opções clicar em Linear e

Mostrar a equação no gráfico

Anexo 16 – Tarefa “Vamos a usar a calculadora” (T_{II}⁶)

Parte I: A seguinte tarefa foi proposta a alunos de 12.º ano, resolva-a, indicando: (i) o procedimento da possível estratégia ou trajetória de resolução que um aluno seguiria para dar resposta a cada uma das questões; e (ii) as possíveis dificuldades que o aluno poderia ter.

¹ Considere a função f , de domínio $\mathbb{R} \setminus \{0\}$, definida por $f(x) = \frac{e^x - 1}{x}$

a) Sem recorrer à calculadora, resolva as duas alíneas seguintes:

- a1) Determine a equação reduzida da reta tangente ao gráfico de f no ponto de abscissa 1.
- a2) Estude a função f quanto à existência de assíntotas do seu gráfico, paralelas aos eixos coordenados.

b) O conjunto de solução da inequação $f(x) \leq 3 + \ln x$ é um intervalo fechado $[a, b]$. Recorrendo à sua calculadora, determine, graficamente, valores para a e b , arredondados às centésimas.

Nota: apresente, na sua resposta, os elementos recolhidos na utilização da calculadora, nomeadamente, o gráfico ou gráficos obtido(s), bem como coordenadas relevantes de alguns pontos.

Parte II: A seguir, apresentam-se alguns episódios que formam parte do diálogo que teve lugar entre a professora que aplicou a tarefa e três dos seus alunos: Ana, João e Maria. Leia os episódios e analise o diálogo tendo como ponto de partida as seguintes questões:

1. De que forma os alunos usam a calculadora? Quais os propósitos do seu uso? Que benefícios traz o uso da calculadora para a sua aprendizagem?
2. De que forma a professora orienta o uso da calculadora? Qual é a intenção da professora para promover o uso da calculadora? Que benefícios traz o uso da calculadora para o ensino?
3. Neste caso, o recurso tecnológico selecionado (a calculadora) é adequado para a tarefa proposta? Qual é a sua posição como futuro(a) professor(a) sobre a integração da calculadora no ensino e na aprendizagem da Matemática?

¹ Tarefa tomada de Marques (2008).

Diálogo entre a Professora e a aluna Ana

Realização da tarefa	
	<i>Na resolução da alínea a) da tarefa 2, a aluna afirma:</i>
1	A: Pena não dar para utilizar a calculadora.
2	P: Se pudesses usar saberias resolver o exercício?
3	A: <i>(Ana esboça um sorriso)</i> . Se calhar também não, mas era mais fácil...
	<i>A aluna demonstra dificuldades em voltar a esses mesmos conhecimentos anteriormente aplicados.</i>
4	P: E como se trata de uma reta como é que se pode escrever a equação de uma reta?
5	A: Se eu soubesse isso...
6	P: Então, podemos escrever $y = mx + b$.
7	A: Ah, já sei aquela em que temos de calcular f' de um ponto e f desse ponto.
8	P: Que ponto, neste caso achas que é?
9	A: Aqui fala no ponto de abcissa 1. Por isso é este!
10	P: Muito bem e então vais calcular o quê de seguida?
11	A: Vou calcular f' de 1.
	<i>Apesar de ter utilizado como auxiliar o formulário referente às derivadas e de se pretender um cálculo direto, a aluna não executou corretamente o pretendido, tendo sido posteriormente retificada pela professora, para dar seguimento à resolução do exercício.</i>
12	P: Então agora já sabes $f'(1)$. Que vais fazer?
13	A: Já sei, é o m.
14	P: E agora?
15	A: Agora é a vez de f de 1.
16	A: Será que está bem. É estranho o resultado.
17	P: Sim, está correto. Que vais fazer agora com ele?
18	A: Então, este é o b... $f'(1)$ para calcular o m e $f(1)$ para calcular o b.
19	P: Não, $f(1)$ vai-te ajudar a calcular o b mas não é diretamente b.
	<i>Continuando a resolução da tarefa na alínea b. Quando lhe foi solicitado que justificasse o recurso ao comando utilizado, ela respondeu:</i>
20	A: Ah... não via bem o gráfico. Se for preciso volto ao anterior. É o bom da calculadora. Guarda tudo e posso voltar sempre atrás ao que já fiz antes.
	<i>Apesar de ir elaborando o seu próprio manual a aluna nunca recorre ao manual da calculadora gráfica para aumentar os seus conhecimentos sobre a utilização desta.</i>
21	P: Muito bem e agora que tens o Zoom que querias, o que vais fazer?
22	A: Vou calcular estes dois pontos <i>[aponta para os pontos de intersecção]</i>
23	P: Muito bem. Sabes calculá-los?
24	A: Sei de uma maneira que dá mais ou menos. Sei que há outra forma melhor que a minha mas não sei ainda fazê-la.
25	P: Então faz lá aquela que sabes.
	<i>A aluna recorre ao comando Trace para ir aos poucos determinar um dos pontos de intersecção. Depois, foi com satisfação que se 'aventurou' na sua própria calculadora para determinar os dois pontos de intersecção.</i>
26	A: Txi... isto é uma aventura para mim... vou calcular tudo sozinha... do início ao fim... vou tentar...ok... <i>[Observa o que escreveu no seu manual de instruções]</i> .
27	A: Ok, tenho de ir ao Calc, e como está a amarelo, tenho de carregar primeiro no 2nd
Justificação do processo utilizado	

	<i>Após ter afirmado que necessitava de calcular $f'(1)$ (na alínea a1), a aluna revela falta de método para continuar o exercício proposto.</i>
28	P: Esse valor é o quê na equação da reta?
29	A: Vai ser importante... hum... primeiro cálculo e depois já vejo.
30	P: Achas que poderias confirmar este resultado na calculadora?
31	A: Isso dava jeito... mas diz que não posso usar a calculadora nesta alínea.
	<i>Por outro lado, quando é exigido a utilização desta tecnologia para a resolução do exercício, a aluna fica confusa, e parece que não consegue identificar as fases do processo em que deve recorrer a ela.</i>
32	P: Muito bem. Agora o que terás de fazer na calculadora?
33	A: Mas é já? Às vezes neste tipo de exercícios, não é para usar logo a calculadora.

Diálogo entre a Professora e o aluno João

Resolução da tarefa	
	<i>Assim, após a leitura em silêncio do enunciado da alínea a1) o João esclarece a entrevistadora da estratégia que irá aplicar para resolver este exercício.</i>
1	P: Porque é que estás a ir à calculadora?
2	J: É porque eu tenho aqui guardado os passos a seguir nestes casos.
3	P: Os passos? Deste caso? Como assim?
4	J: Tenho aqui tudo guardado.
5	P: Mas tudo o quê?
6	J: Do que fazer quando se quer calcular a reta tangente.
	<i>Mostra à entrevistadora os diferentes programas que escreveu na sua máquina e em particular abre o que diz 'reta tg' onde estão com algum pormenor, as diferentes etapas da determinação da equação de uma reta tangente.</i>
7	J: Pronto. Aqui diz que o primeiro passo é calcular o m que é declive e é $m = f'(a)$
8	P: E sabes que a é esse?
9	J: Sim, sim. Neste caso é um.
	<i>De seguida, escreve no caderno $f'(1)$ e volta a olhar para a sua calculadora. Uma vez que parece fazer intenção de continuar a sua resolução recorrendo a esta tecnologia é indagado pela entrevistadora:</i>
10	P: Vais usar a calculadora para esse cálculo □ determinação de $f'(x)$ □?
11	J: Não. Aqui já não posso.
12	P: Então vais aplicar as fórmulas da derivação?
13	J: Sim... mas...
14	P: Também tens as regras na calculadora?
15	J: Não, porque a 'Stora disse que estas iam aparecer no formulário que eles nos dão. É que isto da calculadora dá muito jeito porque ela guarda tudo. Mas tem a desvantagem de demorar-se muito tempo à procura do que quero.... Já para não falar do tempo que se leva a escrever....
16	P: Então como vais fazer a seguir?
17	J: Posso ir ao meu caderno?
	<i>Recorre então ao seu caderno, mas parece um pouco confuso para encontrar a lição correta onde foram lecionadas as regras de derivação.</i>
18	J: Pois, com a calculadora consigo ser organizado, mas no caderno já não é a mesma coisa.
	<i>Depois de aplicar corretamente as fórmulas dadas, o aluno obtém o resultado 1. Visto que o aluno demonstrou satisfação no uso da calculadora, a entrevistadora questiona o aluno:</i>
19	P: Achas que poderás confirmar esse resultado pela calculadora?
20	J: Ah! Não! Não me diga que dá para fazer!

21	P: Se pudesses fazias?
22	J: Claro (sorrisos) Sempre que posso usar a minha amiga uso.
	<i>Continua a ler os passos constantes no programa que abriu e diz:</i>
23	J: Agora vou calcular o b. Para isso vou calcular $f(a)$
24	P: Esse é o próximo passo?
25	J: Sim neste caso é $f(1)$
26	P: Mas esse valor vai ser o b?
27	J: Não. Aqui na máquina não está um igual está um implica.
	<i>A metodologia a que recorre para resolver a alínea a2) da tarefa é muito idêntica à anterior utilizada. Começa por procurar qual o programa que o informa sobre as assíntotas, apesar de afirmar que neste caso até se consegue recordar dos procedimentos necessários.</i>
28	J: Primeiro vou calcular as assíntotas verticais. É sempre os reais excepto a.
29	P: Qual é o valor de a?
30	J: Neste caso é zero porque é o único ponto que não está no domínio.
	<i>De seguida vai calcular o limite da função quando x tende para zero. Começa por substituir o valor de x por 0 e obtém uma indeterminação e questiona-se:</i>
31	J: E agora? Não dá... quer dizer dá uma indeterminação.
32	P: Como vais levantar essa indeterminação?
33	J: Já sei, existem aqueles limites especiais.
	<i>Como não estruturou um raciocínio lógico para a resolução, baseado numa estratégia fidedigna, acaba por ficar confuso sobre a continuação do exercício.</i>
34	P: Qual o passo a seguir?
35	J: Acho que já me perdi. Foi o que disse à pouco... é bom poder usar a calculadora, mas depois demoro tanto tempo que até me perco nos exercícios.
	<i>Na resolução da alínea b. Após uma leitura atenta do enunciado (incentivada pela entrevistadora) o aluno acabou por elaborar um método de resolução do exercício.</i>
36	J: Então vou ter de pôr as duas funções na calculadora e pedir para desenhá-las.
37	P: E depois de ter a sua representação gráfica, que vais fazer?
38	J: Bem... agora vou querer saber quando está em cima da outra. Para isso é simples... basta calcular estes pontos [aponta para os pontos de intersecção].
Justificação do processo utilizado	
	<i>Ainda que no enunciado esteja expresso que se pretende uma resolução analítica o aluno recorre à calculadora. Aquando da resolução da alínea a2) desta tarefa, onde é solicitado o uso da calculadora o aluno mostra entusiasmo:</i>
39	J: Ok. Assíntotas. Vou à calculadora [sorrisos].
40	P: Tens aí um programa que descreve como determinar as equações das assíntotas?
41	J: Por acaso, neste caso até acho que sei os passos todos. Mas para me sentir mais seguro, vou sempre à calculadora.
	<i>Considera a informação armazenada na sua calculadora um auxílio para no caso da sua memória falhar, ou eventualmente estar a pensar de forma errada. Uma vez que a própria simbologia utilizada nos seus programas estava codificada, achou-se pertinente investigar sobre o autor desses programas.</i>
42	P: Foste tu que fizeste (escreveste) esses programas?
43	J: Eu e um colega meu. Ele escreveu metade e eu outra metade e como dá para passar de calculadora para calculadora é fixe... ah... e quando passamos também aprendemos.

Diálogo entre a Professora e a aluna Maria

Realização da tarefa	
	<i>Após a leitura da alínea a1) a aluna elabora uma estratégia, que irá seguir para resolver o exercício.</i>
1	M: Não tem de ser um plano muito elaborado. Por exemplo nesta primeira alínea basta eu pensar que tenho de preencher a equação $y = mx + b$ e sei como obter o m e o b , portanto, é algo que faço rapidamente mas que me orienta.
	<i>Calcula corretamente a derivada e de seguida vai utilizar a calculadora para confirmar o seu resultado.</i>
2	M: Vou confirmar se está certo, na calculadora.
3	P: Como vais fazer isso.
4	M: Simples, peço à máquina para calcular a derivada desta função no ponto 1.
	<i>A professora ainda disponibilizou a sua ajuda, mas a aluna recusou.</i>
5	M: Obrigada, mas se não for eu a ler não aprendo.
Justificação do processo utilizado	
	<i>Mostra segurança na forma como irá chegar ao resultado pretendido e segue o seu plano com rigor.</i>
6	P: Muito bem. Como vais começar?
7	M: Primeiro pelo cálculo de m , ou seja do declive da recta tangente. Vou calcular a derivada.
8	P: Porquê a derivada?
9	M: Porque me vai dar $f'(1)$ que vai ser o valor do nosso m .
	<i>Após a resolução analítica a aluna tem uma atitude semelhante ao longo de toda a tarefa que é ir confirmar com o auxílio da calculadora se os cálculos por si determinados analiticamente estão corretos.</i>
10	P: Fazes sempre isso?
11	M.: Sempre que posso confirmar sim.
12	P: Porque não fizeste ao contrário? Primeiro pela calculadora e depois analiticamente?
13	M: Porque não queria ser influenciada pelo resultado final. É que já me aconteceu fazer na calculadora e depois consciente ou inconscientemente o resultado a que cheguei.... era o mesmo... mas os cálculos estavam mal feitos.
	<i>Na resolução da alínea b) a aluna demorou um pouco mais a pensar qual a estratégia apropriada para a sua resolução. Depois optou por inserir as duas expressões analíticas das funções na calculadora.</i>
14	M: Sei que tenho de ver o intervalo em que uma função é inferior à outra. Embora não precise, pelo que estou a ver na calculadora vou mudar a janela de visualização para uma mais pequena.
15	M: Porém, mesmo que eu me engane, por alguma razão posso sempre voltar para o Zoom Standard. Isto é algo que a 'Stora repete vezes sem conta. Eu acho que com algum cuidado, chegamos lá à primeira.
	<i>Após uma escolha que achou adequada, para a janela de visualização a aluna ainda considera ser necessário mudar a espessura do gráfico de uma das funções. Quando inquirida porque o fazia respondeu:</i>
16	M: Para ver se fiz bem as funções na calculadora. Para ver se é mesmo a função f está em baixo da outra função.

Anexo 17 – Tarefa “Exploração de Applets” (T_{II}⁷)

Applet: *é um pequeno software que executa uma atividade específica, dentro (do contexto) de outro programa maior (como por exemplo um web browser), geralmente como um Plugin. O termo foi introduzido pelo AppleScript em 1993. Os Applets geralmente têm algum tipo de interface de usuário, ou fazem parte de uma destas dentro de uma página da web. Diferentemente de um programa, um applet não pode rodar independentemente; um applet geralmente exibe uma parte gráfica e por vezes interagem com o usuário (Tomado de Wikipédia.org)*

1. Selecione uma *applet* y justifique o porquê a selecionou.
2. Com base na selecção feita, prepare uma proposta de trabalho a apresentar a alunos.

Indique, justificando:

- Qual o ano de escolaridade a que se dirige a proposta;
- Quais os objetivos de aprendizagem que procura atingir;
- Qual o método de trabalho a implementar nessa aula: descrevendo a situação de aprendizagem que procuraria desenvolver com a utilização da *applet* selecionada;
- Qual o papel do professor;
- Qual o papel do aluno;
- A duração prevista.

Sugestões de web sites para consultar

<http://nlvm.usu.edu/>

<https://www.geogebra.org/>

<https://ptmt.fi.ncsu.edu/>

<https://illuminations.nctm.org/Search.aspx?view=search&type=ac>

http://www.fisme.science.uu.nl/publicaties/subsets/rekenweb_en/

Anexo 18 – Tarefa “Uma tarefa do manual” (T_{II}⁹)

1. Selecione um conceito do currículo de Matemática. Analise o modo como esse conceito é introduzido num manual escolar e como é desenvolvido. Procure referir, ilustrando com extratos do manual: o modo como o conceito é apresentado; os aspetos da aprendizagem matemática considerados; a natureza das tarefas propostas e os recursos previstos.
2. Seleccionem uma tarefa do manual escolar em análise sobre o conceito selecionado e adaptem-na de modo a criar um tipo de tarefa específico (um problema, uma exploração ou uma investigação). Justifiquem a seleção feita e as adaptações levadas a cabo, explicitando quais as características da tarefa elaborada que estão na base das distinções feitas.
3. Indiquem o ano de escolaridade em que a tarefa irá ser proposta, os conceitos matemáticos e as capacidades transversais envolvidos e o(s) objetivo(s) de aprendizagem que procura atingir.
4. Seleccionem uma tecnologia (*Calculadora, Excel, TinkerPlots, GeoGebra, Applets*, entre outras) que seja apropriada para resolver a tarefa.
5. Justifiquem a seleção da tecnologia a integrar na proposta a apresentar aos alunos, indicando as suas potencialidades:
 - a) na aprendizagem, para promover a compreensão dos conteúdos matemáticos envolvidos na tarefa. Isto é, de que forma a ferramenta tecnológica selecionada promove a compreensão dos conteúdos matemáticos envolvidos na tarefa?
 - b) no ensino, para promover os objetivos de aprendizagem que se desejam atingir. Isto é, de que forma a ferramenta tecnológica selecionada permite atingir os objetivos de aprendizagem?
6. Indiquem de que forma implementariam a tarefa na sala de aula (forma de organizar o trabalho dos alunos, duração prevista para resolver a tarefa, papel do professor e do aluno). Justifiquem as opções metodológicas indicadas.

Anexo 19 – Tarefa “Elaboração de um plano de aula” (T_{II}¹⁰)

Temas: Aprendizagem da Matemática; Gestão curricular (Planos de aula, tarefas e recursos); Avaliação das aprendizagens.

Objetivos: Este trabalho pretende criar oportunidade para os alunos mobilizarem e integrarem diversos saberes, decorrentes do trabalho desenvolvido na UC, na planificação de uma aula que integre um recurso tecnológico para trabalhar um conceito matemático do 3.º ciclo do ensino básico ou do ensino secundário. Tem como objetivo avaliar em que medida o mestrando evidencia ser capaz de:

- integrar o uso de recursos tecnológicos no ensino da Matemática;
- reconhecer as principais dificuldades dos alunos na realização de tarefas com recurso à tecnologia e discutir formas de as ultrapassar;
- compreender as principais ações do professor no que respeita à promoção da aprendizagem dos alunos e à gestão de uma aula utilizando tecnologia;
- elaborar um plano de aula coerente, que integre a tarefa que lhe serve de base e o recurso selecionado;
- trabalhar de forma autónoma e colaborativa.

Concretização: O trabalho consiste na elaboração de um **plano para uma aula** (de 45 minutos), tendo por base a tarefa “*Uma tarefa do manual*” que realizaram previamente na UC, definindo o modo como a tarefa poderia ser trabalhada em sala de aula, recorrendo à tecnologia, visando as aprendizagens dos alunos. O plano (estrutura em anexo) deverá integrar os seguintes elementos: o ano de escolaridade a que se dirige a proposta; os objetivos que procura atingir; o(s) método(s) de trabalho a implementar na sala de aula; o papel do professor e o papel do aluno (incluindo uma previsão das dificuldades dos alunos e de formas de as ultrapassar). O documento escrito deverá integrar ainda uma **introdução** que fundamente as principais opções tomadas na elaboração do plano de aula, incluindo o seu enquadramento curricular, e ter uma dimensão de 6 a 8 páginas (podem juntar anexos) usando letra Times New Roman, corpo 12, com espaçamento 1,5 e ser enviado por *email* para a docente (achenriques@ie.ul.pt) após a sua apresentação em sala de aula.

Este trabalho terá uma **componente oral**, a realizar em sala de aula, no **dia 30 de maio**. Na apresentação oral, pelos vários elementos do grupo, os mestrandos deverão posicionar-se como professores para dinamizar parte da aula planeada, nomeadamente:

- simular a apresentação da tarefa aos alunos;
- explicitar o seu papel e os desafios que antecipa para si, enquanto professor, no acompanhamento do trabalho autónomo dos alunos na realização da tarefa;
- apresentar as estratégias a usar na discussão do trabalho dos alunos na realização da tarefa, indicando o(s) foco(s) dessa discussão e as aprendizagens que pretende visar.

CrITÉRIOS de avaliação:

Trabalho escrito

- Adequação do documento aos objetivos visados e indicações fornecidas;
- Completude/Abrangência das ideias apresentadas;
- Qualidade da argumentação e articulação com a teoria;
- Coerência e qualidade da escrita.

Apresentação Oral

- Organização e dinamismo;
- Adequação às indicações propostas.

Anexo 20 – Tarefa “Reflexão final” (T_{II}^{11}) + Tarefa “Elaboração de um e-portefólio” (T_{II}^{12})

Trabalho individual escrito

O Trabalho individual escrito consiste na elaboração, ao longo do semestre, de um **portefólio digital**.

Objetivos

- Criar oportunidades de reflexão por parte dos mestrando(a)s – em diversos momentos distribuídos ao longo do semestre – incidindo sobre as produções de um conjunto variado de solicitações no âmbito do trabalho desenvolvido na UC, e as aprendizagens delas decorrentes;
- Proporcionar a experiência de elaboração de um e-portefólio tendo em vista a sua eventual utilização na avaliação dos mestrando(a)s das escolas do ensino básico e secundário.

Conteúdo

- Uma folha de rosto contendo o nome da disciplina e o ano lectivo que o portefólio diz respeito e o nome do(a) mestrando(a);
- Um índice que dê conta do conteúdo e organização do portefólio;
- Uma introdução que apresente o portefólio;
- Uma seleção de **três** tarefas realizadas pelo(a) mestrando(a) no âmbito do trabalho realizado na UC e das produções associadas a essas tarefas;
- Uma reflexão final global na forma de ‘história digital’.

Seleção de tarefas

- As tarefas a incluir no portefólio deverão constituir um conjunto representativo do trabalho realizado ao longo do semestre, pelo que a sua seleção deverá ter em conta a diversidade dessas tarefas;
- A selecção efectuada deverá também ter em conta os temas estudados na disciplina;
- Cada tarefa seleccionada deverá apresentar três componentes: apresentação da tarefa (o que se pedia para fazer); a sua realização (o que se produziu, podendo esta versão ser melhorada após feedback); e uma reflexão acompanhando a tarefa que justifique a sua inclusão no portefólio e evidencie o contributo para a sua formação como futuro professor de Matemática. Cada tarefa deve ter uma dimensão máxima de 3 páginas (incluindo as 3 componentes, podendo, caso se justifique, ser anexados os enunciados da tarefa ou outros documentos integrantes da sua realização).

- A inclusão de uma tarefa com a respectiva reflexão deverá ser sempre datada;
- Uma tarefa já incluída no portefólio poderá ser substituída por outra desde que convenientemente justificada;

Reflexão final

Esta reflexão consiste numa ‘história digital’ de cerca de 4 minutos sobre o trabalho desenvolvido no portefólio e as aprendizagens que dele decorreram tendo em vista a sua eventual utilização na prática profissional.

Algumas questões que poderão orientar esta reflexão são:

- Que aprendizagens este portefólio lhe proporcionou?
- Quais as tarefas realizadas na UC se mostraram mais desafiantes e porquê?
- Que tarefas, tipo de feedback ou outro apoio o ajudou mais?
- Que capacidades desenvolveu com a realização das tarefas e deste portefólio que o tornam mais confiante para ensinar Matemática com a eventual integração de tecnologia?
- O que poderá dizer sobre si como futuro professor?

Avaliação do portefólio

Os mestrandos poderão solicitar apoio e/ou esclarecimento de dúvidas e *feedback* das tarefas ao longo de todo o semestre.

No final do semestre a versão final do portefólio, a entregar até **15 junho**, será apreciada tendo em conta os seguintes parâmetros: Conteúdo e Apresentação e organização.

- Conteúdo: a avaliação do conteúdo do portefólio incidirá principalmente sobre as tarefas e as reflexões realizadas pelo mestrando. Cada tarefa seleccionada será apreciada tendo em conta a adequação, correcção e nível de desenvolvimento. As reflexões serão apreciadas tendo em conta a clareza da exposição; a abrangência e relevância dos comentários efectuados, o seu nível de problematização e de crítica; e o desenvolvimento e elaboração das análises realizadas.
- Apresentação e organização: aspetos gráficos; de escrita; e organizativos, que serão apreciados quanto à sua adequação, correcção e originalidade.